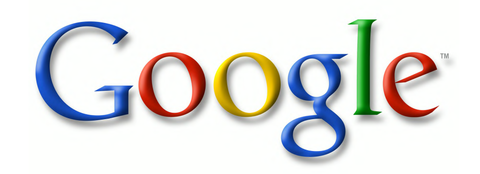
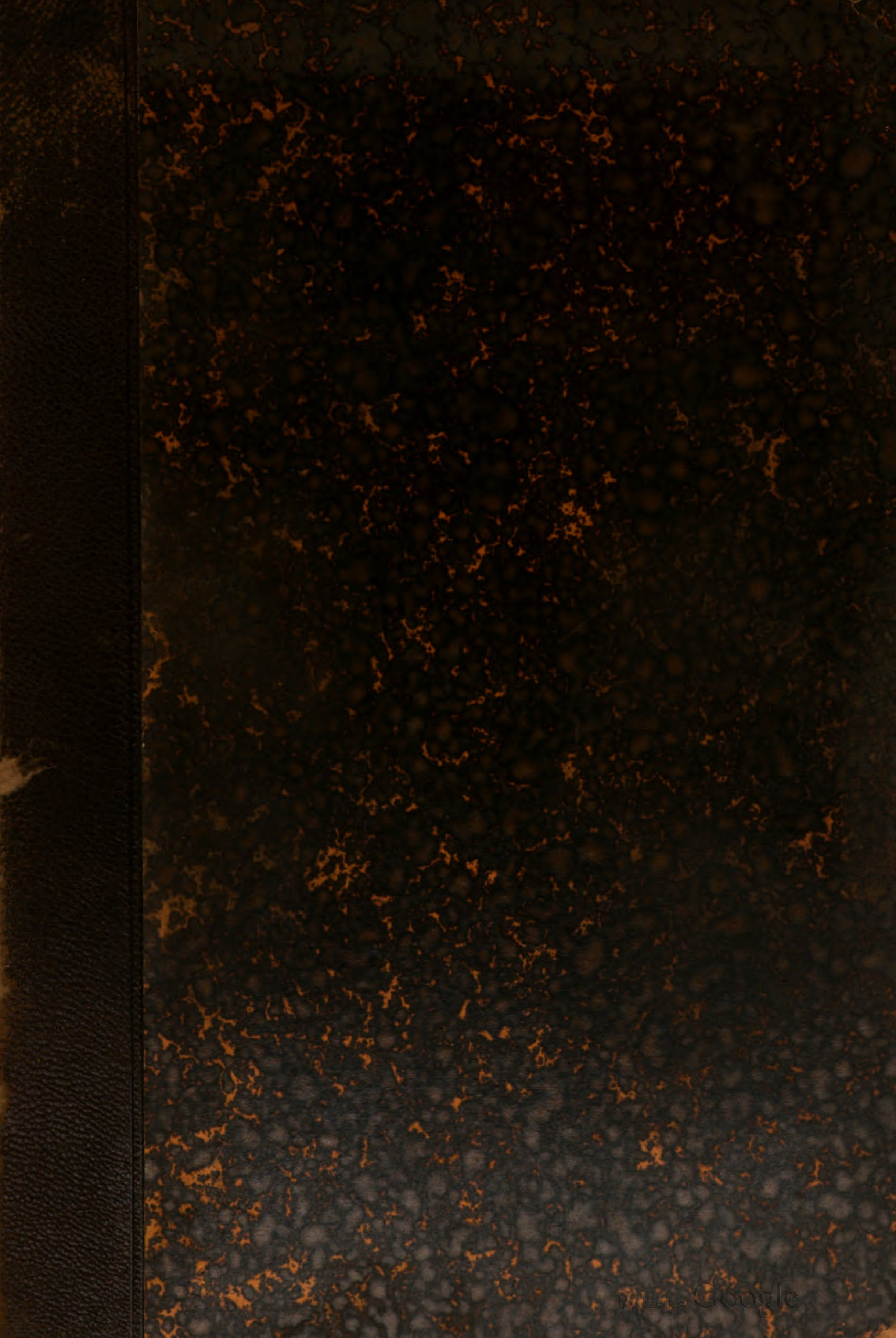





GUSTAV E. STECHERT
9 EAST 16. STREET
NEW YORK

HEIZUNG UND VENTILATION.

BEARBEITET

VON

KARL SCHMIDT,
STÄDTISCHER HEIZ-INGENIEUR IN DRESDEN.

MIT BEITRÄGEN VON TH. WEYL.

MIT 183 ABBILDUNGEN.

HANDBUCH DER HYGIENE

HERAUSGEGEBEN VON

DR. THEODOR WEYL.

VIERTER BAND. ZWEITE LIEFERUNG.

(FORTSETZUNG DER BAU- UND WOHNUNGSHYGIENE.)

JENA,
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1896.

Seinem hochgeehrten Lehrer,

Herrn Geheimen Regierungsrat und Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin

Hermann Rietschel

in dankbarer Verehrung

gewidmet

von

Karl Schmidt.

Inhaltsübersicht.

Alle nicht mit einer anderen Bezeichnung versehenen Kapitel sind von Schmidt verfaßt.

I. Lüftung.

Seite

Einleitung 237

Litteratur über das Gesamtgebiet der Lüftung und Heizung . 238

I. Ursachen der Luftverschlechterung in bewohnten Räumen. (Verf.: Th. Weyl.) 238

Litteratur 238

1. Verschlechterung durch den Lebensprozeß des Menschen . 239

Litteratur 240

2. Verschlechterung durch Beleuchtung 240

Litteratur 241

3. Verschlechterung durch Heizung 241

Litteratur 241

4. Verschlechterung der Luft durch Menschenwärme, Beleuchtung und Heizung 241

Litteratur 242

5. Verderbnis der Luft durch die Bauart des Gebäudes selbst 242

Litteratur 243

6. Verderbnis der Luft durch den Staub 243

Litteratur 243

II. Maß der Luftverschlechterung. (Verf.: Th. Weyl.) 244

a) Die Kohlensäure als Maß der Luftverschlechterung . . . 244

Kohlensäure-Bestimmung nach Pettenkofer 245

Litteratur 247

b) Messung der Luftverschlechterung durch die Menge der in der Luft enthaltenen organischen Stoffe 247

Litteratur 248

c) Die Temperatur als Maß der Luftverschlechterung . . . 248

Litteratur 248

Seite

III. Ventilationsbedarf und Luftkubus. (Verf.: Th. Weyl.) . . . 249
a) Bestimmung der Ventilationsgröße auf Grund eines nicht zu überschreitenden Kohlensäuregehaltes der Atemluft nach Pettenkofer . . . 249
b) Bestimmung der Ventilationsgröße auf Grund einer nicht zu überschreitenden Temperaturgrenze nach Rietschel . . 251
c) Theorie und Praxis bei Feststellung des Ventilationsbedarfs 252
d) Der Luftkubus . . . 253
Litteratur . . . 254

IV. Erzielung des Luftwechsels . . . 254
A) Natürliche (spontane) Lüftung . . . 255
Die ventilierende Kraft des Windes (Winddruck) . . . 259
Größe der natürlichen Lüftung . . . 259
Litteratur . . . 260
B) Künstliche Lüftung . . . 261
1. Lüftung durch Fenster und Thüren (Zuglüftung) . . . 261
2. Lüftung durch Kanalanlagen . . . 264
Litteratur . . . 266

V. Die einzelnen Teile einer Lüftungsanlage . . . 267
a) Luftentnahme . . . 267
b) Luftreinigung . . . 267
Litteratur . . . 270
c) Bewegung der Luft durch Gebläse . . . 270
d) Vorwärmung . . . 272
e) Befeuchtung . . . 274
Litteratur . . . 274
f) Führung der Luft zu den Verbrauchsorten . . . 277
g) Anordnung der Luftein- und Abströmungsöffnungen . . . 278
1. Luftbewegung in kleineren Räumen . . . 278
2. Luftbewegung in größeren Räumen (Theatern) . . . 279
h) Abluftleitung . . . 283
Litteratur . . . 283

IV. Prüfung der Lüftungsanlagen . . . 287
1. Prüfung der Anordnung und Ausführung . . . 287
2. Prüfung der Leistung . . . 287
a) Luftuntersuchungen . . . 287
Litteratur . . . 288
b) Messung der Größe des Luftwechsels . . . 288
α) Durch CO_2-Bestimmungen . . . 288
Litteratur . . . 288

Seite
β) Anemometrische Bestimmungen 289
Litteratur 290
γ) Manometrische Bestimmungen 290
c) Temperaturmessungen 291
d) Feuchtigkeitsmessungen 291
e) Untersuchung des Luftstaubes 293
Litteratur 293

II. Heizung.

I. Allgemeines 292
Litteratur 296
II. Wärmeverlust bewohnter Räume 296
Litteratur 300
III. Wärmeersatz durch Verbrennung 300
a) Die Brennmaterialien 301
b) Die Rauchplage 303
Litteratur 304
IV. Feuerungsanlagen 304
a) Feuerraum und Rost 304
Litteratur 308
b) Rauchkanäle 308
c) Schornstein. Bewegung der Rauchgase 309
Litteratur 310
V. Einteilung und Beschreibung der Heizanlagen . 310
1. Oertliche Heizung 311
a) Kaminheizung 311
b) Ofenheizung 311
Litteratur 311
α) Heizöfen 312
Litteratur 317
β) Koch- und Bratöfen 317
γ) Gaskocher 320
Litteratur 331
c) Gasheizung 332
Anhang. Kanalheizung 332
2. Sammelheizung (Fernheizung, Zentralheizung) 332
a) Allgemeines 332
b) Luftheizung 334
Anordnung und Ausführung 334
Gang der Berechnung 340
c) Warmwasserheizung 340
Hauptanordnung 342

Seite

Anordnung und Ausführung 344
Kessel 344
Rohrleitung 347
Heizkörper 349
d) Heißwasserheizung 353
e) Dampfheizung 356
Wasserabscheider 357
Selbstleerer 358
Druckverminderungsventile 359
Heizkörper 361
Regulierung 361
Be- und Entlüftung 362
Dampfwarmwasserheizung 362
Dampfniederdruckdampfheizung 363
Dampfwasserheizung 363
Dampfluftheizung 363
Berechnung und Ausführung einzelner Teile einer Dampfheizung 364
Kessel 364
Rohrleitung 365
Heizkörper 366
f) Niederdruckdampfheizung 367
Anordnung der Rohrleitung 367
Regulierung der Heizkörper 368
α) Niederdruckdampfheizung mit Wasserregulierung . . . 368
β) Niederdruckdampfheizung mit Luftregulierung 369
Offene Systeme von Käferle, Rietschel und Henneberg, Kelling etc. 370
Geschlossene Systeme von Käuffer und Gebr. Körting 370
Anordnung der einzelnen Teile 373
Kessel 373
Standrohr 375
Wasserstand 375
Druckregler, auch Wärme- oder Zugregler 376
Rohrleitung 377
Heizkörper 378
g) Die elektrische Heizung 378

VI. Regelung der Lüftungs- und Heizungsanlagen . 382
Kontrolluhren 382
Kontrollmaximumthermometer 383
Wandthermometer mit Schaurohr 384

Seite

Fernthermometer 385
Fernwärmeregler 386
Lokalwärmeregler für Zimmerheizkörper 387
VII. Einiges über die Ausschreibung und Vergebung von Heizanlagen 387
Litteratur 389
Figurenverzeichnis 389
Register 393

Einleitung.

Der Mensch fühlt sich am wohlsten in frischer Wald- oder Bergesluft und sucht instinktiv jeden Augenblick im Freien zu verbringen. Den Schwachen und Genesenden werden Luftkurorte empfohlen, und wenn es irgend möglich ist, verläßt auch der Gesunde für einige Wochen die enge Stadtwohnung, um sich in frischer Landluft zu erholen und zu stärken. Denn die Luft in unseren Aufenthaltsräumen erfährt durch das Leben und Treiben ihrer Bewohner, zum Teil auch durch Zersetzungsvorgänge innerhalb des Bauwerkes, durch Beimischung von Grund- und Kellerluft, durch Heizung und Beleuchtung mannigfache Veränderungen, welche ungünstig auf das Wohlbefinden der Bewohner einwirken.

In der Luft geschlossener Räume atmet der Mensch nur oberflächlich, und diejenigen, welche sich längere Zeit in schlecht gelüfteten Räumen aufhalten, bekommen ein Gefühl von Unbehaglichkeit, Mattigkeit und Kopfschmerzen. Allmählich stellen sich sogar schwerere Störungen des Verdauungs- und Blutbereitungsapparates ein, welche dem Laien häufig unter dem Bilde der Bleichsucht entgegentreten.

Da der Kulturmensch den größten Teil seines Lebens in geschlossenen Räumen zubringt, so ist es eine Hauptaufgabe der Hygiene und Technik, in diesen eine gute, staubfreie, entsprechend feuchte und vorgewärmte Luft, d. h. also eine Luft zu erhalten, welche einer staubfreien Außenluft möglichst nahe kommt.

Während man jedoch für die Entfernung der menschlichen Exkremente alle möglichen Methoden ersonnen hat und große Kosten auf die Durchführung derselben verwendet, geschieht für die Reinhaltung der Wohnungsluft noch viel zu wenig; hauptsächlich wohl deshalb, weil man die Verunreinigung der Luft nicht sieht und, wenn man sich in einem geschlossenen Raume längere Zeit befindet, auch nicht einmal riecht. So ist es wohl zu erklären, daß man — wenigstens bei uns — erst in jüngster Zeit begonnen hat, in den Bauordnungen den Gefahren der Uebervölkerung entgegenzuarbeiten, indem man das Verhältnis zwischen bebauter und unbebauter Grundfläche, sowie das Minimum desjenigen Luftraumes feststellte, welches in jedem zu dauerndem Aufenthalt von Menschen bestimmten öffentlichen und privaten Gebäude auf den Kopf der Bewohner fallen muß.

Litteratur über das Gesamtgebiet der Lüftung und Heizung in chronologischer Reihenfolge).*

Morin, *Études sur la ventilation 2. Bd., Paris* 1863.
Morin, *Manuel pratique du chauffage et de la ventilation, Paris* 1864.
Degen, *Ventilation und Heizung, München* 1878.
Valerius, *Les applications de la chaleur, Paris* 1879.
Planat, *Chauffage et ventilation de lieux habités, Paris* 1880.
J. S. Billings, *The principles of ventilation and heating etc., London* 1884.
A. Jaunez, *Manuel du chauffage etc., 1. u. 2. Aufl., London* 1884.
Paul, *Lehrbuch der Heizungs- und Lüftungstechnik, Wien* 1885.
Rietschel, *Lüftung und Heizung von Schulen, Berlin* 1886.
Deny, *Die rationelle Heizung und Lüftung, deutsch von* **Haesicke** (1886).
Fanderlick, *Elemente der Lüftung und Heizung, Wien* 1887.
Ferrini, *Technologie der Wärme u. s. w., Jena* 1887.
Wolpert, *Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung, Braunschweig* 1887.
F. Fischer, *Feuerungsanlagen, Karlsruhe* 1889.
H. Fischer, *Heizung und Lüftung der Räume, Handbuch der Architektur, Berlin* 1890.
K. Hartmann, *Heizung und Lüftung der Gebäude, Baukunde des Architekten*, 1. *Bd.* 2. *T.* (1891).
E. Haesicke, *Die Schulheizung, Berlin* 1893.
Haase, *Die Lüftungsanlagen, Stuttgart* 1893.
Julien Lefevre, *Le chauffage et les applications de la chaleur etc., Paris* 1893.
S. John, *Buildings ventilation and heating, New York* 1893.
Alfred R. M. E. Wolff, *The heating of large buildings, New York* 1893.
G. Wolffhügel, *Zur Lehre vom Luftwechsel, München* 1893.
H. Rietschel, *Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen*, 2. *Aufl. Berlin* 1894.
K. Hartmann, *Heizung und Lüftung der Werkstätten, in* Albrecht, *Handbuch der prakt. Gewerbehygiene, IV. Absch.* 807, *Berlin* 1894.
G. Recknagel, *Lüftung des Hauses, Handbuch der Hygiene von v.* Pettenkofer *und von v.* Ziemssen, *I. T.* 2. *Abt.* 4, *Leipzig* 1894.
H. Fischer, *Heizung der Theater- und Versammlungssäle, Darmstadt* 1894.
Max Kraft, *Die Lüftung der Werkstätten, Handbuch der Hygiene von* Theodor Weyl 8. *Bd.* 179, *Jena* 1894.
F. H. Haase, *Die Heizungsanlagen, Leipzig* 1895.

I. Die Ursachen der Luftverschlechterung in bewohnten Räumen [1].

(Verfasser: Th. Weyl.)

Die nachteiligen Veränderungen der Luft in den Aufenthaltsräumen der Menschen werden hauptsächlich verursacht durch den Lebensprozeß des Menschen, durch Beleuchtung, durch mangelhaft ausgeführte oder schlecht bediente Heizungsanlagen, durch Zersetzungsvorgänge in Mauern, Zwischendecken und Hausgeräten und dadurch, daß jedes Gebäude als Abzugsschacht von Keller- und Grundgasen dient. Eine Hauptquelle der Luftverderbnis ist endlich der Staub in allen seinen mannigfachen Arten.

Die Lehre der Luftverschlechterung in bewohnten Räumen ist namentlich von Wolffhügel[1] in trefflicher Weise zusammengefaßt und kritisch beleuchtet worden.

1) **G. Wolffhügel**, *Arch. f. Hyg.* 18. *Bd. Heft* 3 (1893).

*) Bei dieser Zusammenstellung ist die Litteratur über Lüftung und über Heizung gleichzeitig berücksichtigt worden, weil beide Gebiete, als untrennbar, von den meisten Autoren auch gleichzeitig abgehandelt wurden.

1. Verschlechterung der Luft durch den Lebensprozeß des Menschen.

Durch den Lebensprozeß des Menschen, namentlich durch die Lungenatmung, weiterhin auch durch die Hautatmung wird die Zusammensetzung der zur Atmung in geschlossenen Räumen benutzten atmosphärischen Luft verändert. Die Grösse dieser Veränderungen geht aus der nachfolgenden Tabelle hervor.

	Es sind enthalten in Volumprozenten	
	in der trockenen atmosphärischen Luft	in der Ausatmungsluft (Mittelwert)
Sauerstoff	20,96	16,03
Stickstoff *)	79,02	79,02
Kohlensäure	0,03	4,38 [3,3—5,8]

Hiernach bleibt der Stickstoffgehalt in der ausgeatmeten Luft ungeändert, während die Kohlensäure um das Hundertfache zunimmt und der Sauerstoff um ein Fünftel verringert wird.

Bei der Atmung wird ein Teil des aufgenommenen Sauerstoffes nach Lavoisier's Entdeckung im Körper aufgespeichert. Deshalb ist das Volum der exspirierten Luft — und zwar um $^1/_{40}$ bis $^1/_{50}$ — kleiner als das der inspirierten.

Es findet also durch den Atmungsprozeß eine Luftverschlechterung statt, welche natürlich um so intensiver wird, je länger der Mensch in einem abgeschlossenen Luftquantum atmet.

Durch die Atmung werden aber der Binnenluft weiterhin zugeführt Wasser und ferner gewisse andere, noch nicht näher bekannte Stoffe, die man als Atemgift (Anthropotoxin) bezeichnet.

Die von den Menschen in unseren Zonen bei der Atmung durch die Lungen ausgeschiedene Wassermenge wird von den Physiologen im Mittel zu 330 bis 350 g während 24 Stunden berechnet. Hierzu kommen noch ungefähr 600 g Wasser, welche durch die Haut ausgeschieden werden.

Das sogenannte Atemgift[1], über welches eine große Reihe von Arbeiten vorliegt, scheint nach den Untersuchungen von Lübbert und Peters am Meerschweinchen, wenn es überhaupt existiert, kein organischer, d. h. kein kohlenstoffhaltiger, kein verbrennbarer Körper zu sein[2]. Doch fehlt noch ein nach Lübbert's Methode am Menschen anzustellender Versuch.

Noch immer ist die Hypothese von Lang und Wolffhügel höchst beachtenswert, daß nicht die frischen bei der Atmung erzeugten, sondern erst die zersetzten Ausscheidungsstoffe unser Wohlbefinden stören und sanitäre Bedenken hervorrufen[3].

Auch die Darmgase (vapores) und die abfallenden oberflächlichen Hautschichten (Epithelien), welche einer schnellen Zersetzung unterliegen, sind geeignet die Luft überfüllter Räume zu verschlechtern.

Eine besonders starke Verschlechterung der Luft wird durch manche Gewerbe, wie Spinnereien, Webereien, Mühlen, Cementfabriken, chemische Fabriken u. s. w. hervorgerufen. Ueber

*) Das Argon, welches in der Luft zu 1 Proz. enthalten ist, blieb unberücksichtigt.

diesen Gegenstand ist Bd. VIII dieses Handbuchs, Allgemeine und spezielle Gewerbehygiene, zu vergleichen.

1) **Hermans**, *Arch. f. Hyg.* 1. *Bd.* 5 (1883); **Brown-Sequard** *et* **d'Arsonval**, *Compt. rend. de l'Acad. des scien.* 108. *Bd.* 267 (1889); **Lehmann** *und* **Jesser**, *Arch. f. Hyg.* 10. *Bd.* 367 (1890); **Merkel**, *Arch. f. Hyg.* 15. *Bd.* 1 (1892); **Beu**, *Zeitschr. f. Hyg.* 14. *Bd.* 64 (1893); **Wolffhügel**, *Arch. f. Hyg.* 18. *Bd.* 32 *ff. des Sep.-Abdr.* (1893).
2) **A. Lübbert** *und* **R. Peters**, *Pharmaceut. Centralhalle* 1894 *No.* 38.
3) **Wolffhügel**, *Arch. f. Hyg.* 18. *Bd.* 56 *des Sep.-Abdr.* (1893).

2. Verschlechterung der Luft durch Beleuchtung[1].

Während die elektrische Beleuchtung fast gar nicht zur Verschlechterung der Luft beiträgt, werden dem Raume bei allen anderen Beleuchtungsarten die Verbrennungsprodukte in Form von hocherhitzten Gasen und mit denselben die an der lichtgebenden Flamme versengten kleinsten organischen und die sehr hoch erhitzten mineralischen Staubteilchen zugeführt. Diese Gase und festen Bestandteile mischen sich mit der Zimmerluft, erhöhen die Temperatur derselben und gelangen fein verteilt in die Atmungsorgane.

Ueber die Größe der Luftverschlechterung durch die verschiedenen Beleuchtungskörper giebt Fr. Fischer[2] die folgende Tabelle.

	Stündlicher Verbrauch an Sauerstoff für je 10 Meter-Kerzen	Produzierte Kohlensäure pro Stunde cbm bei 0°
Leuchtgas, Argandbrenner	0,8 cbm (bis 2)	0,46
„ Zweilochbrenner	2,0 „ („ 3)	1,14
Petroleum, großer Rundbrenner	0,28 kg	0,44
„ kleiner Flachbrenner	0,60 „	0,95
Wachs	0,77 „	1,18
Stearin	0,92 „	1,30
Elektrisches Bogenlicht	Spuren	Spuren
„ Glühlicht	Nichts	Nichts

In der vorstehenden Tabelle wurde die durch verschiedene Beleuchtungsarten hervorgerufene Verschlechterung der Luft nur durch die entstandene Kohlensäure gemessen.

Es enthält aber die Luft von durch Gas beleuchteten Räumen noch andere Verbrennungsprodukte, wenn auch nur in kleiner Menge. Als solche seien erwähnt: Ammoniak, Oxyde des Stickstoffes, Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe, bisweilen auch schweflige Säure und Schwefelsäure.

Das Ammoniak scheint wegen der geringen Menge, in welcher es sich in der „Beleuchtungsluft" findet, ohne Bedeutung für den Menschen zu sein. Dasselbe dürfte aus gleichen Gründen auch für schweflige Säure und Schwefelsäure gelten.

Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe finden sich nur, wenn ungeschützte (offene) Flammen zur Anwendung kommen, und wenn diese übermäßig „groß" brennen, wenn also die Flamme unverbranntes Gas ausströmen läßt.

Dagegen werden die Oxyde des Stickstoffs[3], wie es scheint, in jedem mit Gas erleuchteten Raume beobachtet, und Rubner[4] ist geneigt, die salpetrige Säure, welche aus den Stickoxyden bei Gegenwart von Wasser entsteht, als Erreger des bedrückenden Gefühls anzusehen, das wir nach längerem Verweilen in einem durch Gas beleuchteten Raume empfinden.

1) **Erismann**, *Zeitschr. f. Biol.* 12. *Bd.* 315 (1876); **F. Fischer**, *Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl.* 15. *Bd.* 619 (1883) *und Zeitschr. f. angew. Chem.* (1891) 622; **Cramer**, *Arch. f. Hyg.* 10. *Bd.* 283 (1890); **Wolffhügel**, *Arch. f. Hyg.* 18. *Bd.* 69 *des Sep.-Abdr.* (1893).
2) **F. Fischer**, *Jahresber. d. chem. Technolog.* (1883).
3) **Rubner**, *Zeitschr. f. Biolog.* 21. *Bd.* 273 (1885); **C. Wurster**, *Die Temperaturverhältnisse d. Haut*, *Berlin* 1887. [*War mir nicht zugänglich, citiert nach* **Wolffhügel**, *Arch. f. Hyg.* 18. *Bd.* 72, *Anmkg.* 7 *des Sep.-Abdr.* (1893)]; **Cramer**, *Arch. f. Hyg.* 10. *Bd.* 323 (1890); **A. v. Bibra**, *Arch. f. Hyg.* 15. *Bd.* 216 (1892); **Renk**, *Pharmac. Centralbl.* (1893) *No.* 25.
4) **Rubner**, *Lehrb. d. Hyg.* 4. *Aufl.* 247 (1892).

3. Verschlechterung der Luft durch die Heizung[1].

Die Verschlechterung der Luft durch Heizungsanlagen kann nur erfolgen, wenn dieselben mangelhaft ausgeführt oder unachtsam bedient werden.

Ueber die üblen Gerüche durch Ansengen des auf Heizkörper niedergefallenen Staubes, sowie über das bei ungünstiger Witterung in den oberen Stockwerken bisweilen bemerkbar werdenden Rückschlagen des Rauchens, endlich über die Belästigung durch den Kohlentransport für Heizungszwecke ist in dem der „Heizung" gewidmeten Abschnitte das Nötige gesagt.

1) **Wolffhügel**, *Arch. f. Hyg.* 18. *Bd.* 3. *Heft* (1893) 62 *des Sep.-Abdr. Dort weitere Litteratur.*

4. Ueberhitzung der Luft durch den Menschen, durch Beleuchtung und Heizung.

Der menschliche und tierische Organismus besitzt eine Blutwärme von 37—39 Grad und giebt einen Teil der im Körper gebildeten Wärme unter stetem Ersatz derselben an die Umgebung ab. Besonders ist daran zu erinnern, daß die Temperatur der Exspirationsluft bei mittlerer Temperatur der umgebenden Luft ungefähr 36—37 Grad mißt. Atmet also eine größere Zahl von Menschen in einem verhältnismäßig kleinen Raum bei ungenügender Zufuhr frischer Luft, so wird sich die Temperatur des geschlossenen Raumes allmählich bedeutend erhöhen. So ist es möglich, daß man in gefüllten Theatern und Versammlungsräumen eine Temperatur bis zu 30° C. feststellte. Selbstverständlich haben in diesen Fällen Beleuchtung und Heizung wesentlich zur Temperaturerhöhung beigetragen.

Hiermit sind zugleich die beiden übrigen Faktoren erwähnt, welche die Temperatur abgeschlossener Räume beeinflussen, nämlich Beleuchtung und Heizung.

Unter allen Arten künstlicher Beleuchtung bewirkt das elektrische Licht die geringste Wärmeproduktion. Ihm nahe steht das Auer'sche Gasglühlicht, während das Leuchtgas verhältnismäßig die größte Wärme-

produktion aufweist. Bemerkenswert ist auch die Temperaturerhöhung durch Siemens' Regenerativbrenner, bei welchen bekanntlich die heißen Verbrennungsprodukte zum größten Teil abgeführt werden.

Dies geht aus der nachfolgenden Tabelle hervor, welche auf den Untersuchungen von Dicke[1] und Renk[2] beruht.

	Entwickelte Kalorien pro Meter-Kerze und Stunde
1. Leuchtgas	
a) Zweiloch- und Schnittbrenner	50
b) Argand-Brenner	44
c) Siemens' Regenerativbrenner	23
d) Auer's Gasglühlicht	10,6
2. Petroleum-Rundbrenner	20
3. Wassergas von 2620 Kalorien	
a) Magnesiumkamm-Beleuchtung	13,2
b) Auer-Brenner von 60 Kerzen	6,7
4. Elektrisches Glühlicht von 16 Kerzen	3

Daß die Temperatur von Innenräumen wesentlich auch durch die herrschenden Außentemperaturen beeinflußt wird, bedarf kaum der Erwähnung. Näheres über diesen Punkt siehe bei Nussbaum in diesem Bande Abteilung 2.

1) Dicke, *Vortrag auf der 33. Jahresversammlung d. deutsch. Ver. von Gas- und Wasser-Fachmännern zu Dresden* 1893; *vergl. auch* Rosenboom *dieses Handbuch Bd. IV S.* 120 (1895).
2) Renk, *Pharmac. Centralhalle* 1893 *No.* 25.

5. Verderbnis der Luft durch die Bauart des Gebäudes selbst.

Läßt man einen Raum bei geschlossenen Fenstern und Thüren einige Tage unbenutzt und leer stehen, so wird man beim Betreten desselben oft einen modrigen Geruch wahrnehmen. Hier kann die Verschlechterung der Luft nur auf den Einfluß der einschließenden Mauern, Fußböden[1] und Decken, vielleicht auf Zersetzungsvorgänge in der stagnierenden Luft und schließlich noch auf Beimischung von unreinen, aus Nebenräumen, wie Küchen, Aborten und Kellern übergetretener Luft zurückgeführt werden.

Daß die Luft der unteren Stockwerke, namentlich der Keller in die oberen aufsteigt, wird verständlich, wenn wir bedenken, daß im Innern des Hauses in der Regel eine höhere Temperatur als außerhalb desselben herrscht, und daß deshalb das Innere des Hauses, einem Schlote vergleichbar, ansaugend auf die Luft des Kellers wirken muß.

Die sanitären Nachteile der Kellerluft sind allerdings noch genauer zu erweisen, als dies bisher geschehen ist. Wir wissen zwar, daß gewisse Krankheiten, wie Flecktyphus, Rückfallfieber und Pocken[2], mit Vorliebe aus übervölkerten Kellerwohnungen ihre Opfer holen, müssen aber auf Grund der herrschenden Theorien bezweifeln, daß die Erreger dieser Krankheiten durch die angesaugte Luft in die höheren Stockwerke

übertragen werden (s. auch unter Staub S. 243). Uebrigens wird es leicht verständlich, daß eine Luft ein wenig unangenehm riechen kann, ohne direkt gesundheitsgefährlich zu sein. Dies wird z. B. für die Luft der Küchen gelten können.

Näheres über diesen Gegenstand vergl. außer in der unten angeführten Litteratur auch in Nussbaum, Bauhygiene, in der zweiten Abteilung dieses Bandes.

1) **Emmerich**, *Die Wohnung, in Pettenkofer und Ziemssen's Handbuch der Hygiene* 1. *Bd.* 2. *Abtlg.* 4. *Heft* 221 (1894), *wo die Fehlböden als Produzenten von Kohlensäure gewürdigt werden*; **Budde**, *Zeitschr. f. Hyg.* 12. *Bd.* 227 (1892).

2) **Knauff** *und* **Weyl**, *Asyle u. s. w., dieses Handbuch* 6. *Bd.* 145 *ff.* (1895).

6. Verderbnis der Luft durch Staub[1].

Der Staub bewohnter Räume besteht entweder aus unbelebter, meist anorganischer (mineralischer) Materie oder aus belebten Teilchen, welche zu den niederen Organismen gehören und als Bakterien bezeichnet werden.

Erstere gelangen durch die Körperöffnungen, namentlich durch Nase und Mund, mit der Atemluft in den Körper, reizen und verwunden die Schleimhäute und machen dieselben zur Aufnahme krankheitserregender Keime geeignet. Dieses gilt namentlich vom Eisen-, Kiesel- und Kohlenstaub, deren massenhafte Aufnahme die Entstehung gewisser Formen von Lungenaffektionen begünstigt (vergl. hierüber dieses Handb. Bd. VIII, Allgemeine und spezielle Gewerbehygiene). Von krankheitserregenden Bakterien sind im Zimmerstaub die Erreger des Tetanus, der Wundinfektionskrankheiten (Eitererreger), der Lungenentzündung und der Tuberkulose nachgewiesen[2].

Natürlich[3] wäre es unrichtig, den Staub aus den Räumen durch eine kräftige Lüftung „herauszuventilieren", weil Stern zeigte, daß die Luft selbst bei einer dreimaligen Erneuerung in der Stunde, wie sie durch eine gut funktionierende Ventilation hervorgerufen wurde, nicht wesentlich schneller keimfrei, also staubfrei wurde als durch bloßes Absetzen. Allerdings wird dieses Ziel bei einer mehr als dreimaligen Lufterneuerung schneller erreicht als durch bloßes Absetzen. Doch ist diese schroffe Art der Ventilation wohl praktisch ohne jede Bedeutung, weil sie den im Hause anwesenden Menschen sicher unerträglich werden würde. Wir bekämpfen den Staub also nicht durch Lüftung, sondern durch Reinlichkeit, mit Besen und mit Wasser. Aber immerhin ist der Staub bei Lüftungsanlagen deshalb zu berücksichtigen, weil der Techniker dafür zu sorgen hat, daß die zur Ventilation benutzte Außenluft möglichst staubfrei in die Räume gebracht werde. Hierüber ist unter VI das Nötige gesagt.

Daß übrigens den in der Luft schwebenden Bakterien bei der Uebertragung von Infektionskrankheiten nur eine geringe Bedeutung zukommt, ist durch die Untersuchungen von Bakteriologen und Chirurgen festgestellt worden[4].

1) **A. Wernich**, *Virchow's Arch.* 79. *Bd.* 424 (1880); *Versuche von* **de Ruyter** *und* **L. Buchholz**, *ref.* **E. v. Bergmann** *im Klinischen Jahrbuch* 1. *Bd.* 154 (1889); *Allgemeine und spezielle Gewerbehygiene in Bd.* 7 *des Hdbch. d. Hygiene, herausgegeben von* **Th. Weyl**; **Arens**, *Arch. f. Hyg.* 21. *Bd.* 325 (1894).

2) *Vergl.* **Weichselbaum** *in Bd.* 9 *dieses Handbuches*; **Emmerich** *in* „*Die Wohnung*" *Bd.* 1, 2. *Abtlg.* 4. *Heft d. Hdbch. d. Hyg. und d. Gewerbekrankheiten von Pettenkofer*

und Ziemssen (1894) 286 *ff. Hier ist von den Bakterien der Zwischendecken die Rede. Diese gehen mit dem Staub leicht in das Zimmer über.*

3) **Stern,** *Zeitschr. f. Hygiene* 7. *Bd.* 44 (1889), *eine für diese Frage grundlegende Arbeit.*

4) **v. Bergmann,** *Klin. Jahrb.* 1. *Bd.* 155 (1889); **H. Fritsch,** *ebendas.* 256; **Schönborn,** *Klin. Jahrb.* 3. *Bd.* 257 (1891).

II. Mass der Luftverschlechterung.

(Verfasser: Th. Weyl.)

a) Die Kohlensäure als Mafs der Luftverschlechterung [1].

Wie S. 239 ausgeführt wurde, erleidet die Luft geschlossener Räume durch die Atmung des Menschen mannigfache Veränderungen. Sie wird ärmer an Sauerstoff und reicher an Kohlensäure und Wasserdampf und nimmt, namentlich wenn die Lüftung des Raumes zu wünschen übrig läßt, allmählich eine Beschaffenheit an, welche unser Wohlbefinden stört, indem sie sich mit „Ekelstoffen“ belädt.

Alle diese Veränderungen vollziehen sich in proportionalem Verhältnis zur Zahl der im Raume atmenden Menschen und ferner bei vollkommen abgeschlossenen Räumen auch proportional zur Stundenzahl, während welcher die Atmung erfolgt.

Es entsteht also die Frage, ob nicht die Analyse der Luft des geschlossenen Raumes ein Maß für die Luftverschlechterung abzugeben vermag.

Die Ausführung einer vollständigen Luftanalyse, einer Analyse, bei der alle in der Luft enthaltenen Stoffe Berücksichtigung fänden, würde sehr viel Zeit und geübte Analytiker voraussetzen, abgesehen davon, daß eine quantitative Bestimmung jener „Ekelstoffe“ zur Zeit unausführbar ist.

Aus diesen Gründen begnügt man sich mit einer partiellen Luftanalyse, indem man nach Pettenkofer's Vorschlag die im Raume enthaltene Kohlensäure als Maß der Luftverschlechterung benutzt.

Für diese Wahl sind drei Gründe entscheidend gewesen: einmal die Thatsache, daß die Menge der Kohlensäure in einem bewohnten Raume sich vermehrt, proportional der Zahl atmender Menschen; zweitens weil man Grund zur Annahme hat, daß diejenigen Stoffe, welche uns die Luft eines übervölkerten Raumes widerlich und unappetitlich machen, in ungefähr gleichem Verhältnis mit der Kohlensäure zunehmen, und drittens die Leichtigkeit, mit welcher sich eine genaue Bestimmung der Kohlensäure ausführen läßt.

Hierbei darf also nicht vergessen werden, daß die Kohlensäure erst in solcher Dosis giftig wirkt, wie sie in bewohnten Räumen durch den Atmungsprozeß allein kaum jemals sich anhäuft. Es wird daher die Menge der in einem übervölkerten Raume enthaltenen Kohlensäure nicht als die Ursache der in dem Raume herrschenden verdorbenen Luft, sondern nur als eine Begleiterscheinung, als ein Indikator für die Größe der Luftverschlechterung anzusehen sein.

Bei welchem Gehalt an CO_2 die Atemluft giftig wirkt, scheint für den Menschen noch nicht mit wünschenswerter Genauigkeit festgestellt worden zu sein. Nach Paul Bert (Hoppe-Seyler, Physiolog. Chem.

1. Bd. 12 [1881] tötet bei normalem Druck erst ein Gehalt der Luft von 25 Proz. Kohlensäure einen Sperling, während Hunde noch bei 38 Proz. CO_2 am Leben bleiben (Hoppe-Seyler, a. a. O. 2. Bd. 555).

Nach Oertel (Renk, Die Luft in Pettenkofer-Ziemssen's Hdbch. d. Hyg., I. Teil, 2. Abt., 2. Heft, S. 39 [1886] enthielt die Luft in Wohnräumen zu München bis 0,94 Proz. CO_2.

Im Gotthardtunnel wurde bei einem Gehalte der Luft von 0,96 Proz. CO_2 gearbeitet (Stapf: du Bois Arch. 1879, Suppl. Seite 86).

In der Luft eines Braunkohlenwerkes bei Kassel, in der man sich nicht ohne Gefahr längere Zeit aufhalten konnte, fand Bunsen (Gasometr. Methoden S. 101 [1877] 2,83 Proz. CO_2.

Nach Flügge (Grundriß der Hyg., 3. Aufl., S. 138 [1894] kann ein Gehalt der Luft von 1 Proz. längere Zeit, ein solcher von 5—10 Proz. CO_2 vorübergehend ohne Schaden ertragen werden.

In preußischen Bergwerken wurde früher vielfach in einer Luft von mehr 0,5 Proz. CO_2 dauernd gearbeitet, während dieser Gehalt jetzt nur noch selten erreicht wird (Meissner dieses Handbuch 8. Bd. 265).

Die **Bestimmung der Kohlensäure** wird gewöhnlich nach der Methode Pettenkofer's vorgenommen[2].

Dieselbe beruht auf folgenden Prinzipien. Kohlensäure verbindet sich mit Baryt zu kohlensaurem Baryt nach folgender Formel:

$$\underset{\text{Barytwasser}}{Ba(OH)_2} + CO_2 = \underset{\text{kohlensaurer Baryt}}{BaCO_3} + H_2O$$

Schüttelt man also ein bekanntes Volumen einer kohlensäurehaltigen Luft mit einer bestimmten Menge von Barytwasser, dessen Gehalt an Baryt bekannt ist, so wird eine um so größere Menge von Baryt in kohlensauren Baryt verwandelt, je mehr Kohlensäure die Luft enthielt. Der nach dem Schütteln mit Luft übrigbleibende, nicht an Kohlensäure gebundene Baryt wird ermittelt. Es geschieht dies durch Titrage mit einer Oxalsäurelösung von bekanntem Gehalt nach folgender Formel:

$$\underset{\text{Oxalsäure}}{C_2O_4H_2} + Ba(OH)_2 = \underset{\text{oxalsaurer Baryt}}{C_2O_4Ba} + 2H_2O$$

Zur Ausführung benutzt man Flaschen von bekanntem Volumen, die man mittels eines Blasebalges mit der zu untersuchenden Luft füllt. Nach längerem Schütteln gießt man den Inhalt der großen Flasche in eine kleinere ab, in welcher der entstandene kohlensaure Baryt Zeit findet, sich abzusetzen. Ist dies geschehen, so titriert man eine gemessene Menge des über dem Niederschlage stehenden klaren Barytwassers mit der titrierten Oxalsäure zurück und findet so den Gehalt an Kohlensäure in der untersuchten Luft. Näheres über diese sehr genaue Methode vergleiche in der unten angeführten Litteratur[2].

Es hat nicht an zum Teil gelungenen Versuchen gefehlt, die Methode Pettenkofer's zu verbessern und zu vereinfachen. Auch über diese Bestrebungen giebt die unter [2] zitierte Litteratur Auskunft.

Mit Hilfe der soeben in ihren Grundlagen geschilderten Methode stellte nun Pettenkofer[1] fest, daß eine Zimmerluft, in welcher der Mensch mit Behagen und ohne Beschwerde atmet, 0,7 pro mille Kohlensäure enthält, während eine durch den Atemprozeß der

Bewohner auf 1 pro mille gebrachte Zimmerluft, wenigstens von empfindlichen Personen, nur mit Widerstreben geatmet wird.

Aus diesem Grunde bezeichnet man den Gehalt einer Luft von 0,7 pro mille Kohlensäure als den Grenzwert, der, ohne die Insassen eines bewohnten Zimmers zu schädigen, nicht dauernd überschritten werden darf.

Andere Hygieniker[10] gestatten auch einen Grenzwert von 1 pro mille CO_2 und Rietschel[6] ist geneigt, den Grenzwert auf 1,5 pro mille CO_2 zu erhöhen, indem er sich auf seine in Schulen gemachten Wahrnehmungen stützt. Hier war die Luft bei einem Gehalte an 1,5 pro mille CO_2 noch ohne jede Beschwerde atembar.

Aber — wohl gemerkt — diese Bestimmung des Grenzwertes in der Luft geschlossener Räume durch die in denselben befindliche CO_2-Menge ist nur zulässig und giltig, wenn die Quelle der Kohlensäure ausschließlich die Atmung des Menschen ist, nicht aber, wenn die Beleuchtung, namentlich solche mit Petroleum oder Gas (siehe S. 240), an der CO_2-Produktion beteiligt sind.

Für diesen letzten Fall dürfte nach Rietschel die Bestimmung der Temperatur einen geeigneteren Maßstab für die Güte oder Verdorbenheit der Atemluft abgeben (s. S. 248).

Soll dagegen auch in beleuchteten Räumen die Menge der vorhandenen CO_2 als Maßstab benutzt werden, so ist die durch Beleuchtung produzierte CO_2 (siehe Tabelle S. 240) nach Rietschel[12] gesondert in Rechnung zu ziehen (s. S. 251).

Ueber die Entwickelung der Lehre von der Luftverschlechterung geschlossener Räume siehe Recknagel[11].

Welchen Grad die Verunreinigung der Luft bewohnter Räume bisweilen erreicht, geht aus den folgenden Angaben hervor.

Schulzimmer[3].

In einem Schulzimmer fanden sich nach F. W. und W. Hesse[4] zu den beigefügten Zeiten folgende CO_2-Mengen:

6h20	6h30	6h40	6h50	7h	7h10	7h20	*7h30	7h40	7h50	8h	*8h10	8h20	8h30
0,3	1,0	1,5	1,7	2,2	2,6	3,0	2,8	2,9	3,7	3,8	3,6	3,7	4,2

Der Unterricht begann 6 Uhr 30 Minuten; folglich war der Grenzwert zu dieser Zeit bereits überschritten (bez. erreicht, wenn 1,0 pro mille CO_2 noch als zulässig erachtet wird). Besondere Ventilationsanlagen fehlten in dem Schulzimmer. Beim Austreten der Kinder (durch * angedeutet) fiel der CO_2-Gehalt in der Nähe der Thüre.

Weitere Angaben über den CO_2-Gehalt der Schulklassen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, in welcher die in Klammern beigefügten Namen die Untersucher bedeuten.

CO_2 in pro mille in Unterrichtsräumen: 9,65 (Gellert[3]), 9,75 (Rietschel[6]), 10 (Schmid[7]), 11,7 (W. Hesse[8]).

Oeffentliche Versammlungsräume [9].

Cafés, Theater, Restaurants u. s. w.

Hch. Wolpert hat in verschiedenen Lokalen Berlins bei guter Besetzung derselben CO_2 Messungen vorgenommen, die recht wenig erfreuliche Resultate ergaben:

Café National, Friedrichstrasse	2,61	pro Mille
„ Kaiserkrone, Friedrichstrasse	3,18	„ „
„ Bauer, Friedrichstr., Ecke der Strafse „Unt. den Linden"	3,27	„ „
Restaurant zum Prälaten, Alexanderplatz	2,68	„ „
„ Wintergarten-Zentralhotel	3,06	„ „
„ Passage-Bierhallen	3,31	„ „
„ Siechen	3,38	„ „
„ Lessingtheater	2,76	„ „
„ Cirkus Schumann	4,96	„ „
„ Renz	5,31	„ „
„ Univers.-Baracke (zum Schlufs des bekannten einstündigen Publikums von Dubois-Reymond)	10,48	„ „

1) **Pettenkofer**, *Ueber den Luftwechsel in Wohnungen. München* 1858.
2) **Emmerich** *und* **Trillich**, *Anleitung zu hygienischen Untersuchungen*, 2. *Aufl.* 69, *München* 1892; **K. B. Lehmann**, *Die Methoden der praktischen Hygiene S.* 142 (1890); **Bitter**, *Zeitschr. f. Hygiene* 9. *Bd.* 1 (1890), *Experimentelle Kritik der Methoden zur CO_2-Bestimmung*; **Teich**, *Arch. f. Hyg.* 19. *Bd.* 88 (1893); **Hch. Wolpert**, *Eine einfache Luftprüfungsmethode auf Kohlensäure*, *Leipzig* 1892.
3) **Burgerstein** *und* **Netolitzki**, *Schulhygiene, dieses Handbuch Bd.* 7 *Abtlg.* 1 *S.* 125 (1895).
4) **F. W.** *und* **W. Hesse**, *Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl.* 10. *Bd.* 728 (1878).
5) **Gillert**, *Kotelmann's Zeitschr. f. Schulgesundh.* 6. *Bd.* 189 (1893).
6) **Rietschel**, *Lüftung und Heizung von Schulen, Berlin* 1886.
7) **F. Schmid**, *Das schweizerische Gesundheitswesen im Jahre* 1888, *Bern* 1891.
8) **W. Hesse**, *Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl.* 10. *Bd.* 265 (1878).
9) **Hch. Wolpert**, *Eine einfache Luftprüfungsmethode auf Kohlensäure*, *Leipzig* 1892 *S.* 71 *ff.*
10) *z. B.* **Flügge**, *Grundrifs d. Hyg.* 2. *Aufl. S.* 139 (1894).
11) **Recknagel** *in* **Emmerich**, *Die Wohnung S.* 519 (*Pettenkofer und Ziemssen's Handb. d. Hygiene I. Teil* 2. *Abtlg.* 4. *Heft* (1894).
12) **Rietschel**, *Leitfaden u. s. w.* 1. *Bd.* 9 (1. *Aufl.*).

b) Messung der Luftverschlechterung durch die Menge der in der Luft enthaltenen organischen Substanzen.

Ausgehend von der Annahme, daß das sogenannte Atemgift (S. 239) die Luftverderbnis bedinge, und daß dieses Atemgift eine organische kohlenstoffhaltige, verbrennliche Substanz sei, hat man versucht, die Menge der in der Luft enthaltenen organischen Substanz, soweit sie ungeformt vorhanden ist, als Maß der Luftverschlechterung zu benutzen.

Zu diesem Zwecke ließ man eine bestimmte Menge der zu untersuchenden Luft, nachdem dieselbe durch Filtration von Staub befreit war, durch eine meist angesäuerte Chamäleonlösung von bekanntem Gehalte streichen, titrierte das hierbei nicht verbrauchte Chamäleon zurück und erhielt hierdurch die zur Oxydation des durchgesaugten Luftquantums verbrauchte Sauerstoffmenge. Da auf das Resultat viele Faktoren, wie Konzentration und Temperatur der Chamäleonlösung, Geschwindigkeit des Luftdurchsaugens, einwirken, würde sich nur dann ein vergleichbares Ergebnis der einzelnen Untersuchungen ergeben, wenn alle Beobachter unter stets gleichen Versuchsbedingungen experimentiert hätten.

Dies ist aber nicht der Fall. Ferner haben die von Archarow[1] unter Emmerich's Leitung angestellten Versuche gezeigt, daß die Chamäleonmethode Unterschiede im Gehalte der Luft an organischen Bestandteilen erst dann ergiebt, wenn die Differenzen der beiden Luftarten mindestens 25 Proz. beträgt.

Bisher also sind die mit der Chamäleonmethode erhaltenen Resultate für die Lehre von der Luftverschlechterung kaum verwertbar. Die Litteraturangaben sind unter[1] mitgeteilt.

1) *Die älteren Untersuchungen sind von* **Wolffhügel**, *Arch. f. Hyg.* 18. *Bd.* 30 *des Sep.-Abdruckes* (1893), *citiert; vergl. ferner* **Uffelmann**, *Arch. f. Hyg.* 8. *Bd.* 270 (1888) *und dazu die Kritik von* **Hékám**, *Arch. f. Hyg.* 11. *Bd.* 397 (1890); *ferner* **Archarow**, *Arch. f. Hyg.* 13. *Bd.* 245 (1891).

c) Die Temperatur als Mass der Luftverschlechterung.

Rietschel hat vorgeschlagen, die Temperaturerhöhung, welche sich in bewohnten Räumen einstellt, als Maß der Luftverschlechterung zu benutzen[1].

Eine solche Temperaturerhöhung wird sich selbstverständlich nur in Räumen geltend machen können, welche wie Versammlungsräume, Schulzimmer und Theater für längere Zeit gleichzeitig von einer größeren Zahl von Menschen benutzt werden. Weiterhin sind, wie dies schon S. 240 näher erörtert wurde, namentlich Gas- und Petroleumbeleuchtung als Wärmequellen in Rechnung zu ziehen. Außerdem ist auch auf die Zuführung erwärmter Luft, wie dies bei Anwendung der Luftheizung der Fall ist, Rücksicht zu nehmen. In unseren Zonen fühlt sich der Mensch am wohlsten, wenn die Luft der Wohnräume bei Winterkleidung 17—19°, bei Sommerkleidung 19—23° beträgt. Hierbei ist vorausgesetzt, daß der Mensch nur geringe Bewegungen ausführt oder ruhig sitzt.

In der Beleuchtungszone werden naturgemäß viel höhere Temperaturen beobachtet und auch zulässig sein, wenn Menschen sich in dieser Zone höchstens vorübergehend aufhalten, und wenn dafür gesorgt ist, daß die Temperatur der Beleuchtnngszone sich nicht in die Atemzone ausbreitet.

Der Luftwechsel ist nun nach Rietschel derart zu bemessen, daß die Temperatur der „Atemzone"*) niemals die oben angegebenen Grenzen überschreitet.

Vergl. auch Kapitel III S. 249.

1) **H. Rietschel**, *Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Heizungs- und Lüftungs-Anlagen*, 1. *Aufl.* 1. *Bd.* 9 (1893). — *Siehe auch* **A. Herzberg**, *D. Viertelj. f. öffentl. Gesdhpfl.* 26. *Bd.* 318 (1894).
2) **Wolffhügel**, *Arch. f. Hyg.* 18. *Bd.* 45 *ff. des Sep.-Abdruckes* (1893).
3) **Rietschel**, *D. Viertelj. f. öffentl. Gesdhpfl.* 22. *Bd.* 225 (1890).

*) Der Begriff Atemzone wird von Rietschel nicht gebraucht.

III. Ventilationsbedarf und Luftkubus.

(Verfasser: Th. Weyl).

Die Luft geschlossener Räume wird durch den Atemprozeß verdorben (S. 239) und bedarf der Erneuerung.

In Kapitel II (S. 244) wurde ermittelt, auf welche Weise die Luftverschlechterung bewohnter Räume sich messen läßt.

Dies geschieht:

1) entweder durch die Ermittelung der im Raume befindlichen Menge von Kohlensäure,

2) durch die Bestimmung der in der Atemluft enthaltenen Menge organischer Substanz,

3) durch die im Raume sich einstellende Temperaturerhöhung.

Von diesen Methoden kann die unter 2 angegebene aus den auf S. 247 geschilderten Gründen hier unberücksichtigt bleiben.

Es soll nun auf Grund der unter 1 und 3 aufgeführten Methoden berechnet werden, wie groß der Luftwechsel zu gestalten ist, damit die Atemluft bewohnter Räume den hygienischen Ansprüchen genügt.

a) Die Bestimmung der Ventilationsgrösse auf Grund eines nicht zu überschreitenden Kohlensäuregehaltes der Atemluft.

Die Grundlagen der Rechnung sind folgende:

1) Der Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft, die wir atmen, der Atemluft, schwankt nur zwischen 0,3 (im freien Felde) und 0,7 (in Städten) Volum p. M.

2) Die vom Menschen ausgeatmete Kohlensäuremenge ist abhängig von Alter und Geschlecht, von Ruhe und Bewegung des Individuums, wie dies aus der nachfolgenden Tabelle [1] hervorgeht:

	Alter (Jahre)	Körpergewicht (kg)	Ständliche Kohlensäureentwickelung (cbm)	
Kräftiger Arbeiter bei der Arbeit	28	72	0,0363	nach v. Pettenkofer[1]
Kräftiger Arbeiter in Ruhe	28	72	0,0226	
Mann	28	82	0,0186	nach Scharling [1]
Frau	35	65	0,0170	
Jüngling	16	57,75	0,0174	
Jungfrau	17	55,75	0,0129	
Knabe	9,75	22,00	0,0103	
Mädchen	10	23,00	0,0097	

3) Der sogenannte Grenzwert. Dieser Grenzwert drückt aus, welcher Gehalt an CO_2 in dem zu ventilierenden, aber nicht künstlich beleuchteten (S. 246) Raume nicht überschritten werden soll.

Der Grenzwert wird, wie bereits S. 246 angeführt wurde, gewöhnlich zu 0,7 p. M. CO_2 angenommen. Manche Hygieniker halten auch einen Gehalt von 1,0 p. M. CO_2 und Rietschel[2] für Schulzimmer, da ein niedrigerer nicht einzuhalten ist, von 1,5 p. M. CO_2 für zulässig.

Unter Berücksichtigung 1) des Kohlensäuregehaltes der atmo-

sphärischen Luft, 2) der von Menschen produzierten Kohlensäure, 3) des Grenzwertes ermittelt man den stündlichen Luftwechsel (L) nach folgender Formel:

$$L = \frac{k}{p - a}$$

In der Formel bedeutet L die in cbm ausgedrückte Luftmenge, welche dem Raume stündlich zugeführt werden, muß, damit der Grenzwert p nicht überschritten wird. a ist der CO_2-Gehalt der atmosphärischen Luft in cbm, k die von den Insassen des Raumes stündlich produzierte CO_2 in cbm.

Sind in dem zu lüftenden Raume außer den Insassen noch weitere Kohlensäurequellen, also namentlich Beleuchtungskörper vorhanden, so nimmt der obige Ausdruck die Form an:

$$L = \frac{n \,.\, k}{p - a}$$

Dann bedeutet k die Menge der von einer einzigen CO_2-Quelle stündlich produzierten CO_2 in cbm, n die Anzahl solcher CO_2-Quellen.

Welchen Schwankungen L bei den verschiedenen Werten für k und p unterliegt, geht aus der folgenden von Rietschel entworfenen Tabelle hervor:

Stündlich erforderlicher Luftwechsel (Ventilationsquantum) unter Berücksichtigung eines höchsten zulässigen Kohlensäuregehaltes nach Rietschel.

(Abgekürzt.)

Kohlensäure-Quelle	Stündlich produzierte CO_2-Menge	Stündlich erforderlicher Luftwechsel (in cbm) bei einem höchsten zulässigen Kohlensäuregehalt (Grenzwert) von		
	cbm	0,7 p. M.	1,0 p. M.	1,5 p. M.
Kräftiger Arbeiter von 28 Jahren bei der Arbeit	0,0363	121	60,5	30,0
Kräftiger Arbeiter von 28 Jahren in Ruhe	0,0226	75,3	37,7	20,5
Mann von 28 Jahren	0,0186	62,0	31,0	16,9
Frau von 35 Jahren	0,0170	56,6	28,3	15,5
Jüngling von 16 Jahren	0,0174	58,0	29,0	15,8
Jungfrau von 17 Jahren	0,0129	43,0	21,5	11,7
Knabe von 9,75 Jahren	0,0103	34,3	17,2	9,4
Mädchen von 10 Jahren	0,0097	32,3	16,2	8,8
1 cbm Gas	0,57	1900	950	518

Vorstehende Tabelle zeigt:

1) Der notwendige Luftwechsel ist wegen der verschiedenen Kohlensäureproduktion für die verschiedenen Lebensalter und Geschlechter, für Ruhezustand und Thätigkeit verschieden. Je größer bei gleich bleibendem Grenzwert die exspirierte CO_2-Menge ist, um so mehr muß der Luftwechsel steigen.

2) Je höher der zugelassene Grenzwert ist, umso geringer braucht der Luftwechsel zu sein.

3) Gasbeleuchtung vergrößert den notwendigen Luftwechsel in hohem Maße.

b) Bestimmung der Ventilationsgrösse auf Grund einer nicht zu überschreitenden Temperatur nach Rietschel [8].

S. 248 wurde ausgeführt, daß nach Rietschel in stark besetzten und beleuchteten Räumen, Theatern, Versammlungssälen u. s. w. die Höhe der im Raume nicht zu überschreitenden Temperatur den einzig brauchbaren Maßstab zur Berechnung des Lüftungsquantums abgiebt, weil nach dem CO_2-Maßstabe viel zu geringe Werte sich ergeben würden. Bezeichnet in der folgenden Formel W_1 die Wärmemenge, welche durch die Insassen des Raumes, W_2, die durch Beleuchtung, W_3, die durch Fenster, Thüren, Wände bei der im Raume zulässigen Temperatur im Winter nach außen abgegeben, im Sommer nach innen übergeführt wird, so ist die durch Lüftung zu beseitigende Wärmemenge:

$$W = W_1 + W_2 \mp W_3.$$

Bei W gilt im Winter das obere (Minus-), im Sommer das untere (Plus-) Zeichen.

Bedeutet ferner t die im Sale zulässige Temperatur (den Temperatur-Grenzwert), t^1 die Temperatur der eingeführten Luft, α den Ausdehnungskoefficienten der Luft ($^1/_{273}$ ihres Volums), 0,306 die zur Erwärmung eines cbm Luft von 0° auf 1° nötige Wärmemenge, L das in cbm ausgedrückte stündliche Ventilationsquantum, so gilt die Gleichung:

$$L = \frac{(W_1 + W_2 \mp W_3)(1 + \alpha t)}{0{,}306\ (t - t^1)}$$

Setzt man nun

$$W = W_1 + W_2 \mp W_3$$

so vereinfacht sich diese Gleichung in folgender Weise:

$$L = \frac{W(1 + \alpha t)}{0{,}306\ (t - t^1)}$$

Die vom Menschen und von verschiedenen Beleuchtungskörpern abgegebene Wärmemenge in W. E. ist in der folgenden Tabelle [4] zusammengestellt:

Beleuchtungsart	Menge	Wärmeeinheiten	Bemerkungen
Elektrisches Licht für stündliche Erzeugung von 100 Kerzen			
Bogenlicht	0,09—0,25 P. S.	57—158	
Glühlicht		290—536	
Petroleum	1 kg	12 000	
Wachskerzen	1 kg	10 300	
Stearinkerzen	1 kg	9 730	
Leuchtgas	1 cbm	6 000	
Mensch **)			**) Die Werte bedürfen genauerer Bestimmung.
Erwachsener		100 **)	
Kind		50 **)	

Die auf Grund der vorstehenden Formel berechnete Ventilationsgröße ergiebt sich aus nachfolgender Tabelle:

Stündliche Ventilationsgröfse in cbm zur Beseitigung der von einem Erwachsenen stündlich gelieferten Wärmemenge von 100 W. E. Tabelle nach Rietschel. (Abgekürzt).

Temperatur der einströmenden Luft	Zulässige Temperatur des Raumes in Graden Celsius								
	Atemzone						Beleuchtungszone		
	18°	19°	20°	21°	22°	23°	25°	30°	35°
15°	116	87	70	59	50	44	36	24	18
16°	174	117	88	70	59	51	40	26	19
17°	348	175	117	88	71	59	45	28	20
18°	—	350	175	117	88	71	51	30	22
19°	—	—	351	176	118	89	59	33	23
20°	—	—	—	352	177	118	71	36	25

c) Theorie und Praxis bei Feststellung des Ventilationsbedarfs.

Als Grundlage aller folgenden Erörterungen ist festzuhalten, daß sich die Lüftung von Räumen, in denen sich Menschen dauernd aufhalten, nicht über ein bestimmtes Maß steigern läßt, ohne die störenden Erscheinungen des Zuges hervorzubringen. Nach Rietschel[5] liegt diese Grenze, wenigstens für die der Technik in der Gegenwart zur Verfügung stehenden Hilfsmittel, bei einer fünfmaligen Erneuerung der Binnenluft, während die Hygieniker sonst wohl annehmen, daß die Zugerscheinungen sich bereits bei einer mehr ais dreimaligen Lufterneuerung einstellen[6].

Wenn nun aber eine dreimalige, beziehentlich eine fünfmalige Lufterneuerung auch möglich ist, so hat doch die Erfahrung gezeigt, daß die Lufterneuerung nicht in allen von Menschen bewohnten Räumen gleichmäßig hoch zu sein braucht, um in denselben eine Luft von richtiger Zusammensetzung zu unterhalten. Wenig benutzte Räume, z. B. Dachkammern und nur als Vorratsräume dienende Keller, bedürfen nur einer einmaligen Lüftung. Wohnräume wird man zweimal, Versammlungsräume dreimal lüften und nur dann zu einer vier- bis fünfmaligen Lüftung übergehen, wenn es sich um Räume handelt, in denen, wie in Werkstätten und chemischen Fabriken, üble und der Gesundheit schädliche Dünste entwickelt werden.

Zu beachten bleibt ferner, daß zwischen Raumgröße und Ventilationsgröße ein richtiges Verhältnis bestehen muß, weil die Frischluft bei geringer Lüftung eines großen Raumes sich im Raume nicht gleichmäßig wird verteilen können und Gelegenheit findet, die Riech- und Ekelstoffe an den Wänden abzulagern (Wolffhügel[7]). Umgekehrt wird sich das Gefühl des Zuges um so leichter einstellen, je größer die Lüftung in einem kleinen, eng besetzten Raume ist. Zeigt daher die Rechnung, daß in dem für eine gewisse Anzahl von Personen bestimmten Raume nur mit Hilfe einer mehr als fünfmaligen Ventilation eine den hygienischen Bedingungen entsprechende Atemluft hergestellt werden kann, so muß die Aufgabe, den betreffenden Raum in mustergiltiger Weise zu lüften, zur Zeit als unlösbar betrachtet werden. In diesem Falle ist der Raum zu vergrößern (zu erhöhen) oder die Zahl der ihn benutzenden Personen zu verringern[5].

Unter Zugrundelegung eines Grenzwertes von 0,7 p. M. CO_2 ist nach Rietschel in jedem nicht zu dicht besetzten Raume mit Hilfe einer fünfmaligen Ventilation eine „gute" Atemluft her-

zustellen, bei dicht besetzten Räumen dagegen häufig nicht. Dann will Rietschel, falls die Vergrößerung des Raumes unstatthaft ist, einen höheren Grenzwert bis zu höchstens 1,5 p. M. CO_2 gestatten. Selbstverständlich gilt dieses nur für von Gesunden benutzte Räume. In Krankenräumen dagegen ist der Grenzwert von 0,7 p. M. CO_2 unbedingt innezuhalten [5].

Die Berechnung der Ventilationsgröße auf Grund einer nicht zu überschreitenden Temperatur läßt sich nach Rietschel [6] für unbeleuchtete oder lediglich elektrisch beleuchtete Räume, deren Wände wenigstens zum Teil von der Außenluft bespült, also abgekühlt werden, fast stets erzielen. Dagegen gelingt dieses für Räume mit Gasbeleuchtung nur unter folgenden Bedingungen:

1) die Räume müssen eine beträchtliche Höhe besitzen,
2) die Anwesenden dürfen sich nicht im Bereiche der Beleuchtungszone befinden,
3) die in der Beleuchtungszone befindliche warme Luft muß — um die Ausstrahlung der Wärme in die Atemzone möglichst zu beschränken — auf einem möglichst kurzen Wege abgeführt werden.

Für die gewöhnlichen Verhältnisse hat auf Grund von Erfahrungen wohl zuerst General Morin eine Tabelle entworfen, mit welcher sich die folgende von Rietschel angegebene im wesentlichen deckt:

	Geringster stündlicher Luftwechsel für den Kopf	Größter stündlicher Luftwechsel für den Kopf
	cbm	cbm
Krankenräume für Erwachsene	75	75
„ „ Kinder	35	35
Schulräume	10	17
„ für Kinder im Alter bis zu 10 Jahren	10	17
„ für Kinder im Alter bis über 10 Jahre	16	28
Auditorien, Versammlungssäle	17	30
Theater, Konzert- und Festsäle	25	30
Gefängnisse und Kasernen	20	30
Oeffentliche Kassenräume	15	20
Geschäftsräume bei starker Besetzung	17	30
„ „ geringer „	20	2 facher des Rauminhalts
Wohnräume	1 facher des Rauminhalts	2 „ „ „
Treppenhäuser und Korridore	3 „ „ „	4 „ „ „
bei starker Benutzung	3 „ „ „	4 „ „ „
bei geringer „	½ „ „ „	1 „ „ „
Küchen und Aborte	3 „ „ „	5 „ „ „

Die Gründe für den verschieden großen Ventilationsbedarf der verschiedenen Zwecken dienenden Räume erfordern keine Erklärung, weil dieselben auf der Hand liegen.

d) Der Luftkubus.

Bedeutet L das stündliche Ventilationsquantum („den Luftwechsel“) eines Raumes in cbm pro Kopf, ferner n die Anzahl der stündlichen Lufterneuerungen in dem betreffenden Raume, so ist der Luftkubus

$$C = \frac{L}{n}.$$

Der Luftkubus wird um so kleiner sein können, je größer *n* ist; doch wurde S. 252 auseinandergesetzt, weshalb *n* nicht über 5 hinaus wachsen kann.

Der Luftkubus giebt also an, welcher minimale Luftraum dem Insassen eines bestimmten Raumes für ein bestimmtes *n* zur Verfügung steht.

Nehmen wir z. B. nach der auf S. 253 abgedruckten Tabelle an, daß der Luftwechsel in einer Schulklasse pro Kopf und Stunde 17 cbm beträgt, und daß dieser Luftwechsel durch eine dreimalige Lüftung erzielt wird, so beträgt der Luftkubus dieser Klasse $^{17}/_{3}$, also 5,7 cbm pro Kopf.

Der Luftkubus ist am kleinsten in den Eisenbahncoupés: daher wird ein längerer Aufenthalt in denselben auch meist recht unangenehm empfunden. (Vergl. hierüber Bd. 6 dieses Handbuches.)

Am größten wird er in Krankenhäusern bemessen (vergl. Bd. 5 dieses Handbuches). Im allgemeinen läßt sich sagen, daß der Luftkubus der Hälfte oder einem Drittel des Ventilationsquantums entspricht.

Man kann den Luftkubus auch durch den Bruch $\frac{J}{M}$ ausdrücken, worin J den kubischen Inhalt des Raumes nach Abzug der Möbel u. s. w. bedeutet, während M die Zahl der im Raume atmenden Menschen ausdrückt.

Halten sich z. B. in einem leeren Zimmer von 50 cbm Inhalt zwei Menschen auf, so beträgt der Luftkubus 25 cbm pro Kopf.

1) **Rietschel**, *Leitfaden* 1. *Aufl.* 1. *Bd.* 7 (1893).
2) **Rietschel**, *Lüftung und Heizung in Schulen*, *Berlin* 1886, 45.
3) **Rietschel**, *Leitfaden a. a. O.* 9.
4) **Rietschel**, *Leitfaden a. a. O.* 8.
5) **Rietschel**, *Leitfaden a. a. O.* 11.
6) *z. B.* **Flügge**, *Grundriß der Hygiene* 2. *Aufl.* 365 (1894).
7) **Wolffhügel**, *Arch. f. Hyg.* 18 *Bd* 3. *Heft S.* 54 *des Sep.-Abd.* (1893).

IV. Erzielung des Luftwechsels.

Die Erzielung der Luftbewegung erfolgt 1) entweder durch Verdünnen einer Luftsäule mittels Erwärmung oder Absaugung, oder 2) durch Verdichten einer Luftsäule mittels Kühlung oder Pressung.

Die Bewegung einer durch Erwärmung verdünnten Luftsäule läßt sich an einem Fabrikschornstein, in dem unten ein Feuer brennt, verständlich machen. Durch das Feuer wird die Luft im Schornstein erwärmt, sie dehnt sich aus und wird dadurch spezifisch leichter. Infolge dessen tritt eine Luftverdünnung gegen die Außenluft ein; die verdünnte Luft steigt in dem Schornsteine empor, indem die spezifisch schwerere Außenluft von unten nachdrückt.

Die Kraft, welche diese Bewegung hervorbringt, entsteht aus der Differenz der spezifischen Gewichte der erwärmten Luftsäule und einer gleich hohen Säule der kalten Außenluft.

Diese Auftriebskraft muß, um eine bestimmte Luftmenge zu bewegen, so groß sein, daß sie der Luft die erforderliche Geschwindigkeit er-

teilt und alle Widerstände der Luftleitung, also die Reibung an den Kanalwänden, ferner Richtungs- und Querschnittsänderungen überwindet.

Mit der Temperaturdifferenz zwischen der erwärmten und kalten Luftsäule wächst, bez. vermindert sich auch die Differenz der spezifischen Gewichte, also die Auftriebskraft. Verschwindet die Temperaturdifferenz, so wird Gleichgewicht eintreten und die Luftbewegung gänzlich aufhören.

Soll jetzt noch eine Bewegung erzielt werden, so muß die Luftverdünnung durch Saugen am Kanalkopf mittels Luftsauger unter Zuhilfenahme von Wind oder von durch Motoren angetriebenen Windrädern (Exhaustoren) hervorgebracht werden.

Statt eine Luftverdünnung durch Absaugen hervorzurufen, kann man auch Windräder (Bläser) in die Lüftungskanäle hineinblasen lassen, um eine Luftverdichtung (Pressung) zu erzeugen, welche die verdorbene Luft vor sich hertreibt.

Die durch bloße Temperaturdifferenz erzeugten, in den Lüftungskanälen wirkenden Kräfte sind sehr gering. Sie entsprechen höchstens dem Druck einer Wassersäule von wenigen Millimeter Höhe. Es treten infolge dessen bei dem Oeffnen der Fenster an windigen oder kalten Tagen häufig Störungen der Luftbewegung ein, was als sogenanntes „Umschlagen" der Kanäle bezeichnet wird.

Einen von der Außentemperatur unabhängigen, beliebig großen und gesicherten Luftwechsel kann man also nur bei Anwendung von maschinellem Betriebe erlangen (vergl. S. 270 ff.).

A. Natürliche (spontane) Lüftung.

Da die Baumaterialien nicht luftundurchlässig sind, so findet zwischen der Raumluft und der Luft der Umgebung infolge der Temperaturdifferenz und des zufälligen Winddruckes ein ständiger Austausch statt, den man, da er ohne Zuthun des Menschen vor sich geht, natürliche oder spontane Lüftung nennt.

Die bewegende Kraft dieser Lüftung ist die Druckdifferenz zwischen Innen- und Außenluft.

In einem erwärmten, allseitig geschlossenen Raum strömt Luft durch Fußboden, Wände etc. ein. Es ist dies namentlich in der Nähe des Fußbodens der Fall, während die Luft in dem oberen Teile des Raumes besonders durch die Decke wieder abströmt.

Recknagel brachte diese Erscheinung zur Darstellung, indem er ein Kastengestell mit dünnem Papier beklebte und in demselben durch eine Flamme warme Luft erzeugte. Die dünnen Papierwände des Bodens und der Decke nahmen dann die in der Fig. 1 (S. 256) dargestellte Form an. Fig. 2 (S. 256) giebt ein schematisches Bild dieser Vorgänge. In dem oberen Teile des Raumes herrscht Ueberdruck gegen die äußere Luft: die Innenluft drückt also das Papier nach außen, wie die punktierte Linie andeutet. In dem unteren Teile des Apparates herrscht dagegen Unterdruck: die Außenluft drückt also die Papierwände nach innen. Gegen die Mitte nehmen die Druckkräfte, deren Größe durch Pfeile dargestellt ist, ab und werden schließlich gleich 0. Die Ebene, in welcher der äußere und innere Druck einander gleich sind, nennt man die neutrale Zone. Die neutrale Zone trennt das Gebiet des Ueberdruckes von dem des Unterdruckes.

Wird die Lüftung eines Raumes nur durch Saugung bewerkstelligt, so herrscht in dem ganzen Raume Unterdruck, die neutrale Zone liegt also unter der Decke (Fig. 3), dann strömt durch Ritzen in Thüren,

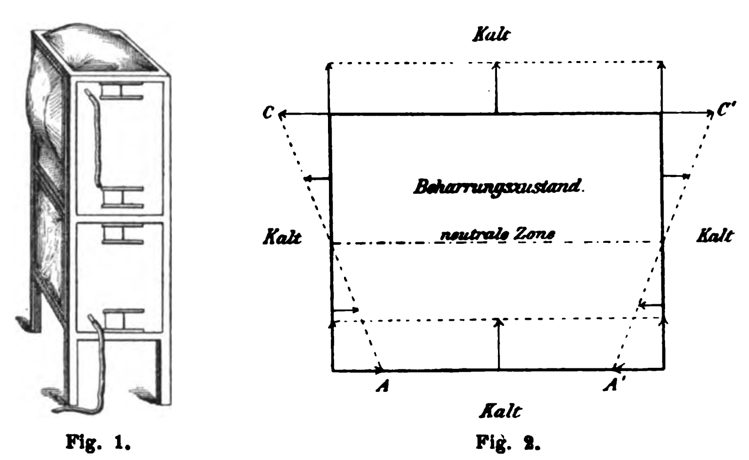


Fig. 1. Fig. 2.

Recknagel's Modell zur Darstellung der Druckverteilung im geheizten Raume.

Fenstern, Wänden, Fußboden und Decke Luft in den Raum ein. Sind die benachbarten Räume Küchen, Aborte, muffige Keller etc., so teilt sich der Geruch derselben den Zimmern, in denen der Unterdruck herrscht, mit.

Strömt die Luft am Fußboden ein, so wird die neutrale Zone mehr nach der Mitte des Zimmers verlegt.

Eine zugfreie Lüftung erhält man, wenn die neutrale Zone etwa 0,8 m über dem Fußboden liegt, da dann durch die Fenster kalte Luft nicht einströmt. Wird in einem Raume durch Pulsion oder durch Vorwärmung der einströmenden Luft Ueberdruck erzeugt, so liegt die neutrale Zone, wie Fig. 4 (S. 257) andeutet in der Nähe des Fußbodens.

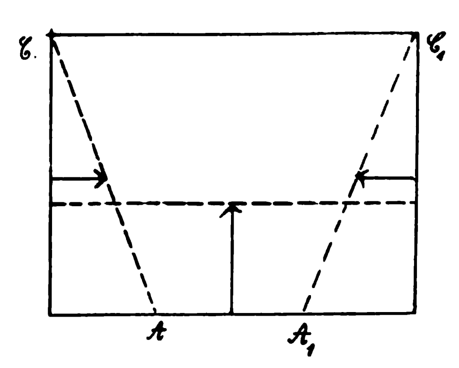


Fig. 3. Druckverteilung in einem Raume mit Unterdruck.

Von großer Bedeutung sind die Druckverhältnisse der einzelnen Räume in Krankenhäusern. Sälen, die mit ansteckenden Krankheiten belegt sind, giebt man Unterdruck, den umgebenden Räumen dagegen Ueberdruck.

Um die Lage der neutralen Zone genau festzustellen, bedient man sich eines von G. Recknagel angegebenen Apparates, des Differenzialmanometers, welcher Drucke von 0,01 mm Wassersäule noch mit Sicherheit abzulesen gestattet.

Der Apparat (Fig. 6) beruht auf dem Prinzipe der kommunizierenden Röhren, nach welchem sich eine innerhalb der Röhren befindlichen Flüssigkeit in beiden Röhren gleichhoch einstellt, so lange beide Schenkel unter

gleichem Drucke stehen. Der eine Schenkel steht fest und wird durch das mit Weingeist gefüllte Reservoir G gebildet, während der zweite Schenkel AC beweglich ist. Dieser Schenkel wird durch einen bei A befestigten Schlauch mit demjenigen Raume, dessen Druck bestimmt werden soll, in Verbindung gebracht. Man ließt den Druck an der hinter dem beweglichen Schenkel angebrachten Teilung bei C und C_1 ab. Dieser Druck, welcher an einer schiefen Flüssigkeitssäule abgelesen wird, ist aber (siehe Fig. 5) um das Verhältnis $\frac{\text{Hypothenuse}}{\text{Kathete}} = \frac{AB}{AH}$ zu groß und muß, um der Wirklichkeit zu entsprechen, um diese Größe verkleinert

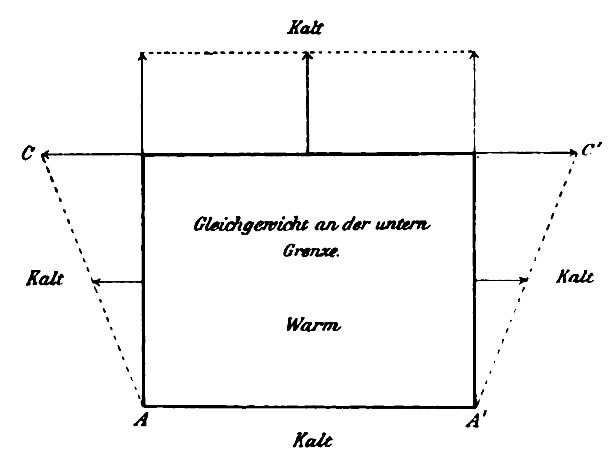


Fig. 4. Druckverteilung in einem Raume mit Ueberdruck.

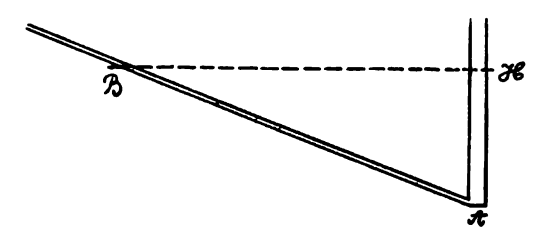


Fig. 5. Recknagel's Differentialmanometer. Schema.

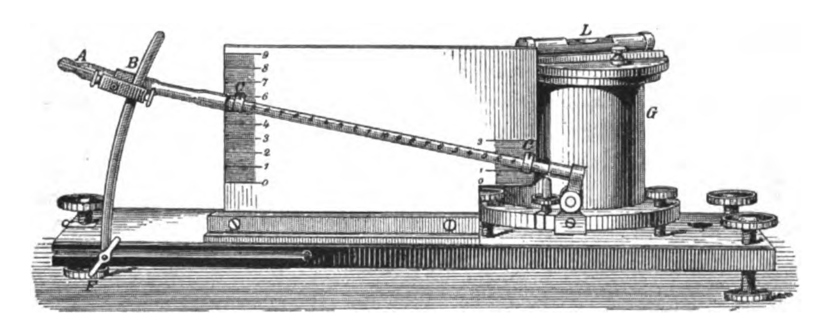


Fig. 6. Recknagel's Differentialmanometer.

werden. Die Hypothenuse entspricht nun der Strecke CC_1 am schrägen Schenkel, welche genau 200 mm beträgt. Die Kathete ermittelt man durch Ablesung der beiden Skalen bei C und C_1. In Fig. 6 steht die Flüssigkeitsschicht bei C auf 24, bei C auf 63. Die Differenz 63—24 = 39 mm entspricht also der Kathete BH in Fig. 5. Mit dem Quotienten $\frac{39}{200} = 0{,}195 = \frac{AB}{BH}$ ist also der am beweglichen Schenkel abgelesene Druck zu multiplizieren, wenn man den wahren Druck zu ermitteln wünscht. Erschöpfende Einzelnheiten über Theorie und Praxis des Apparates giebt Recknagel in Bd. 1 Abtlg. 2 Heft 4 S. 572 des Handbuchs d. Hyg. von Pettenkofer und Ziemssen.

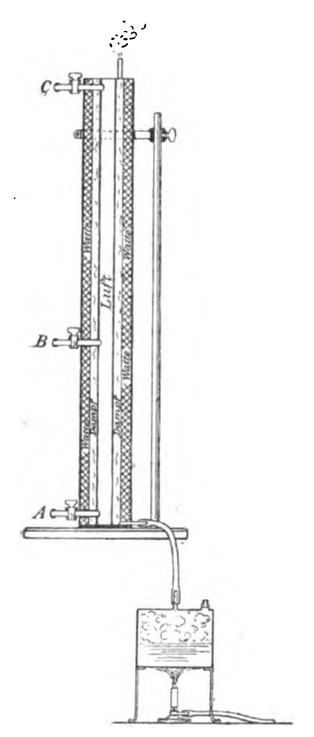


Fig. 7. Zu Recknagel's Differentialmanometer.

Mittels des Differenzialmanometers und des in Fig. 7 gezeichneten Apparates kann man die verschiedenen Ueber- und Unterdrücke, welche entstehen, wenn sich zwei verschieden temperierte Luftsäulen an einer Stelle im Gleichgewicht befinden, in recht überzeugender Weise veranschaulichen.

Der Apparat (Fig. 7) besteht aus einer unten und oben verschlossenen, etwas über 2 m hohen Messingröhre, ist unten bei A, 0,8 m höher bei B und 2 m höher bei C seitlich angebohrt und mit verschließbaren Rohransätzen versehen. Die Röhre ist in 1,5 cm Abstand mit einem Dampfmantel umgeben, der gegen Wärmeabgabe durch eine Watteschicht geschützt ist. Je nachdem man nun den Manometer durch einen Schlauch mit einem Hahn verbindet, einen zweiten Hahn schließt und den dritten Hahn offen läßt, kann man die Größe der verschiedenen, dadurch sich ergebenden Ueber- und Unterdrucke an dem Manometer ablesen. In der folgenden Tabelle sind die Versuche in übersichtlicher Weise zusammengestellt.

Nummer des Versuches	Der Manometer ist angeschlossen bei	Es ist geschlossen der Hahn bei	Es ist offen der Hahn bei	Der Manometer giebt einen Ausschlag von
1	A	B	C	— 25 mm Unterdruck
2	C	B	A	+ 25 mm Ueberdruck
3	C	A	B	$^{12}/_{20} \cdot 25 = + 15$ mm Ueberdruck
4	A	C	B	$^{8}/_{20} \cdot 25 = - 10$ mm Unterdruck
5	B	C	A	= + 10 mm Ueberdruck
6	B	A	C	— 15 mm Unterdruck

Ueber die Erklärung dieser Versuche vergl. Recknagel a. a. O. S. 581 ff.

Außer der Temperaturdifferenz ist als zweite ventilierende Kraft der Wind zu betrachten.

Die Intensität J des Winddruckes ist der Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2 s}{2g}$ proportional. Hierin bedeutet v die Geschwindigkeit in m, s das Gewicht von 1 cbm Luft in kg, g die Fallbeschleunigung (9,81 m).

Nimmt man im Mittel $s = 1{,}18$ kg an, so ist $J = 0{,}06\, v$. Mit Zugrundelegung dieser Formel ist die nachfolgende Tabelle berechnet.

Windgeschwindigkeit in m v	Winddruck auf 1 qm in kg J	Bezeichnung und Nummer der Beaufort-Skala *)
1 m	0,06	I. leiser Zug
2 „	0,24	
3 „	0,54	II. leichter Wind
4 „	0,96	
5 „	1,50	III. schwach
6 „	2,16	
7 „	2,94	IV. mäßig
8 „	3,84	
9 „	4,86	V. frisch
10 „	6,00	
11 „	7,26	VI. stark
12 „	8,64	
13 „	10,14	VII. hart
14 „	11,76	
15 „	13,50	VIII. stürmisch
16 „	15,36	
17 „	17,34	IX. Sturm
18 „	19,44	
19 „	21,66	X. starker Sturm
20 „	24,00	

Hält man eine Tafel dem Winde entgegen, so bildet sich außer den in der vorstehenden Tabelle zusammengestellten Ueberdrucken noch hinter derselben ein Unterdruck, den Recknagel mit 0,37 J ermittelt hat. Die Gesamtkraft des Windes kann somit höchstens auf $1{,}37\ \frac{v^2 s}{2\, g}$ angeschlagen werden. Trifft der Wind schief auf eine Fläche, so vermindert sich der Druck mit dem Auffallwinkel.

G. Recknagel fand bei der Untersuchung einer freistehenden Bauhütte, daß sowohl durch die dem Winde entgegengekehrte Wand als auch durch den Fußboden Luft in die Räume eintrat und den Druck der Innenluft erhöhte. Diese suchte durch die Kehrseite, die beiden Seiten und durch die Decke zu entweichen.

Grösse der natürlichen Lüftung.

Die Luftmenge A, die in der Zeiteinheit durch ein System kapillarer Röhren (Wand, Fußboden etc.) hindurchgetrieben wird, ist dem aufgewendeten Druck p direkt proportional.

Es ist also $A = p \,.\, L$, wobei L das Lüftungsvermögen des Materials bezeichnet. L ist also diejenige Luftmenge, die durch

*) Diese Skala giebt die Stärke des Windes an.

eine Wand, Thür etc. hindurchgeht, wenn der Luftdruck auf der einen Seite um 1 mm größer ist als auf der anderen.

Man versteht nun unter Durchlässigkeit (D) eines Materials, die in cbm ausgedrückte Luftmenge, welche ein aus dem Material gebildeter Würfel von 1 m Stärke unter dem Ueberdruck von 1 mm Wasser in der Stunde durchläßt, wobei die vier dem Luftstrome parallelen Flächen als undurchlässig gedacht sind. Dann ist

$$A = \frac{p \cdot q \cdot D}{e} \text{ cbm},$$

worin q der Querschnitt und e die Dicke der Fläche angeben.

Die Durchlässigkeit verschiedener Materialien hat Carl Lang ermittelt. Einige wichtige Angaben aus derselben folgen in der Tabelle:

Material	1000 D
Grünsandstein	0,124
Kalktuffstein	7.980
Ziegel	0,087—0,383
(Mittel aus 4 Sorten)	0.201
Beton	0.258
Portland-Cement	0,137
Gips (gegossen)	0,041
Fichtenholz (über Hirn)	1,010

Vorlesungsversuche, um die Permeabilität der Baumaterialien zu zeigen, hat Pettenkofer angegeben.

In einem Raume, der bei 25° C. Temperaturdifferenz einen natürlichen Luftwechsel von 45,5 cbm hatte, gingen nach Recknagel durch den Fußboden 31,4 cbm, sodaß durch Wände nur 14,1 cbm Luft hereinkommen.

Da es bei der Lüftung durchaus nicht allein auf die Größe des Luftwechsels, sondern vor allem auf die vollkommene Reinheit und Güte der Luft ankommt, so wird es das Bestreben sein, den Luftwechsel durch den Boden, der die Abluft bez. die Grundluft der darunter liegenden Räume durchläßt, mit allen Mitteln der Technik zu hindern.

Dann aber bleibt von dem natürlichen Luftwechsel ein so geringer Bruchteil übrig, daß die natürliche Lüftung weder für ein Wohn- noch Schlafzimmer genügt, wenn man sich darin wohl befinden will.

Ferner bringt die natürliche Lüftung noch den Uebelstand mit sich, daß durch die unteren Fensterritzen und die Fensterbrüstung beständig kalte Luft einströmt. Hierdurch wird der Aufenthalt in der Nähe der Fenster leicht verleidet. Diese Uebelstände lassen sich dadurch aufheben, daß man den Räumen durch eine künstliche Lüftungsanlage Ueberdruck giebt.

Wie gering übrigens der Betrag der natürlichen Lüftung ist, ergiebt sich daraus, daß jeder Raum, der nur wenige Tage der Wirkung der natürlichen Lüftung allein überlassen blieb, einen dumpfigen und modrigen Geruch zeigt (vergl. S. 242,5).

G. Recknagel, *Sitzungsbericht d. Kgl. Bayr. Akademie der Wissensch. v. 6. Juli* 1876.
G. Recknagel, *Lüftung des Hauses in Pettenkofer und Ziemssen's Handb. d. Hyg.* 1. *Bd.* 2. *Abtlg.* 4. *Heft.*
Emmerich, *Zeitschrift für Biologie.* 18. *Bd.* (1882); *Archiv für Hygiene* 2. *Bd.* (1884).
Utpadel, *Archiv f. Hyg* 6. *Bd.* (1887).
Forster, *Zeitschr. f. Biologie* 11. *Bd.* (1875).
J. Fodor, *Die Luft und ihre Beziehungen zu den epidemischen Krankheiten, Braunschweig* 1881.

Tsuboi, Jiro, *Untersuchung über die natürliche Ventilation u. s. w.*, *Archiv f. Hyg* 17. *Bd.* (1893).
Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. 17. *Bd.* 1. *Heft.*
Carl Lang, *Ueber natürl. Ventilat. und Porosität der Baumaterialien* (1877).
Pettenkofer, *Abhdlg. d. naturw. Kommission bei der K. bair. Akademie der Wissensch. in München* 1858.

B. Künstliche Lüftung.

Den im vorherigen Kapitel erörterten Störungen, welche die künstliche Ventilation mit sich bringt, entgeht man am sichersten durch eine richtig eingerichtete und angewendete künstliche Lüftung.

Künstliche Lüftung kann erfolgen:

1) durch Fenster und Thüren,
2) durch Kanäle.

1. Lüftung durch Fenster und Thüren.

In vielen Gebäuden, vor allen wohl in den meisten Wohnungen bieten Fenster und Thüren die einzige Möglichkeit zur Erneuerung der Zimmerluft.

Diese Art der Lüftung hat daher für den größten Teil der Menschheit eine weitgehende Bedeutung.

Bei den Laien ist vielfach die Ansicht vorhanden, je länger Fenster und Thüren offen bleiben, um so besser wird die Luft des Zimmers. Es giebt sogar Menschen, die Sommer und Winter im Schlafzimmer die Fenster nicht schließen und somit im Winter in eiskalten und im Sommer in überhitzten Zimmern schlafen.

Und doch liegt es so nahe, daß, wenn einmal die schlechte Luft aus dem Raume entfernt ist und dieselbe durch gute Außenluft ersetzt ist, ein längeres Oeffnen der Fenster die gute Außenluft, welche nun im Zimmer ist, unmöglich noch weiter verbessern kann.

Jedes Mehrlüften bringt vielmehr Nachteile aller Art mit sich. Im Winter werden nach und nach alle Gegenstände und besonders die Mauern des Zimmers stark ausgekühlt. Der Mensch fühlt sich also selbst, wenn auch die Lufttemperatur wieder eine erträgliche geworden ist, trotzdem nicht wohl, da er stark nach den kalten Wänden durch Strahlung Wärme abgiebt. Im Sommer dagegen, wenn die Fenster über Mittag offen bleiben, tritt das Entgegengesetzte ein: die Gegenstände und Wände des Zimmers werden erwärmt. Dann kann der Mensch seine überschüssige Wärme nicht abgeben und fühlt sich darum unbehaglich.

Es entsteht also die Frage: **wie lange ist zu lüften?** Werden zur Lüftung nur die Fenster geöffnet, so sind die die Luftbewegung veranlassenden Kräfte: der Wind und der durch Temperaturdifferenz veranlaßte Auftrieb. Fehlt der Wind und sind Innen- und Außentemperatur annähernd gleich, so ist der Luftaustausch fast gleich Null.

Ferner bildet sich beim Oeffnen der Fenster eine Doppelströmung, indem bei kühlem Wetter die Luft unten einströmt und oben erwärmt wieder hinausströmt. Diese Ströme hemmen sich aber gegenseitig und vermindern so die Lüftung beträchtlich. Oeffnet man jedoch Fenster und Thür, so entsteht durch den Auftrieb des Treppenhauses, und durch Gegenzug begünstigt, ein lebhafter Luftwechsel. In 2 bis 6 Minuten, je nach der Außertemperatur, der Stärke des Windes und des dadurch erzeugten Zuges ist die Luft eines Zimmers von mittlerer Größe ausgewechselt.

Wenn nur ein Einzelner im ganzen Hause Fenster und Thür öffnet, kann vorzüglich in den oberen Geschossen die Luft aus dem Korridor in das Zimmer treten, was zur Verbesserung der Luft oft wenig beiträgt. Wenn man eine Fahne (aus Zeitungspapier) in die Luftströmung hält, ersieht man jedoch sofort die Richtung derselben und kann die Ursachen abstellen.

Viele Menschen fürchten den Zug und führen Erkältungen, sogar Infektionskrankheiten darauf zurück, daß sie in den Zug gekommen seien. Vor allem gefürchtet ist der Zug im Zimmer, ja die leiseste Luftbewegung, welche durch Apparate gar nicht mehr zu messen ist, wird als gefahrbringend betrachtet.

Demgegenüber muß daran erinnert werden, daß die Bewegungen der freien Luft selten unter 1 m, ja meistens 3 bis 10 m sekundliche Geschwindigkeit haben. Und in dieser stark bewegten Luft bewegen sich die Menschen im Freien oder sitzen auch ganz still im Garten, ohne daß ihnen die Luftbewegung schadet. Offenbar spielen bei der Empfindlichkeit gegen Zugluft Abhärtung und andere individuelle Verhältnisse eine wesentliche Rolle.

Exakte Untersuchungen über die Wirkung des Zuges auf den Menschen scheinen noch zu fehlen.

Vorläufig kann man wohl annehmen, daß, wenn der Mensch nicht erhitzt ist, ihm ein kalter Zug von einigen Meter Geschwindigkeit nichts schadet, wenn derselbe nur auf einige Minuten auf den Körper einwirkt. Meist habe ich bei meinen Versuchen gefunden, daß der Zug bei den Insassen eines Schulzimmers ein angenehmes Gefühl der Erfrischung hervorrief, etwa wie ein frischer Trunk an einem schwülen Sommertage.

Man meint gewöhnlich, daß das Zimmer durch die Zuglüftung, wie man die gleichzeitige Lüftung durch Fenster und Thüren kurz nennen kann, an kalten Tagen stark ausgekült wird. Dies ist nicht richtig. Denn die Temperatur fällt in den paar Minuten der Durchlüftung sehr rasch, und zwar je nach der Außentemperatur um 3—10° C.; jedoch bereits nach einigen Minuten ist der Luftkubus durch die warmen Wände, Menschen und Oefen wieder auf die frühere Höhe erwärmt.

Zur Erleichterung der Zuglüftung werden bei eingeschossigen Gebäuden Dachreiter, bei mehrgeschossigen kleine Schiebefenster in den unteren großen Flügeln angewandt.

Um eine kräftige Zuglüftung zu erreichen und Belästigungen durch diese nach Möglichkeit zu vermeiden ist das Oeffnen der oberen Fensterflügel empfehlenswert.

Unter den vielen Vorrichtungen, zum bequemen Oeffnen und Schließen der Fenster, hat sich die von Marasky (Fig. 8 und 9) angegebene bewährt.

Ihre Wirkung beruht auf der Bewegung eines Excenters. Beim Aufwärtsbewegen eines Hebels wird der Fensterflügel (Fig. 9) durch die Nase vom Fensterrahmen abgedrückt. Bei breiten Fenstern bringt man den Verschluß an den beiden oberen Ecken rechts und links an.

Bei derartigen Fensterverschlüssen ist besonders darauf zu achten, daß man die Fensterflügel sowohl mit Kraft andrücken als auch öffnen kann und daß dieselben einem äußeren Drucke (Winddrucke) nicht

nachgeben. Das Oeffnen muß mit genügender Kraft ausgeführt werden können, da die Fenster durch das sog. Quellen straff gehen.

Die Zuglüftung ist bei dem Mangel jedweder anderen Lüftungseinrichtung von gutem Nutzen und bei dem Vorhandensein einer ordnungsmäßig angelegten und bedienten künstlichen Anlage eine oft erwünschte Erhöhung ihres Effektes.

Jedoch darf man die Wirkung dieser Zuglüftung nicht überschätzen, denn sie entspricht eben im höchsten Falle einer e i n m a l i g e n Luft-

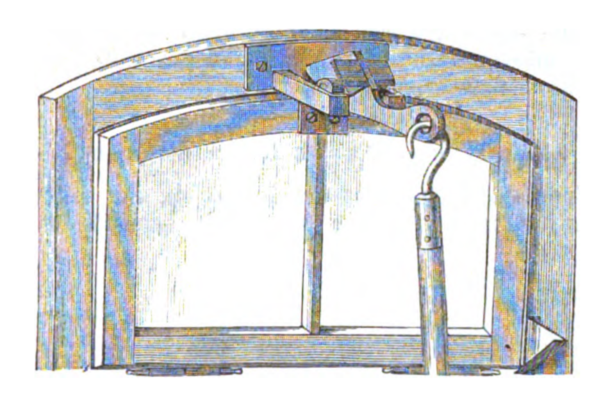


Fig. 8. Fensterverschlufs nach M a r a s k y.

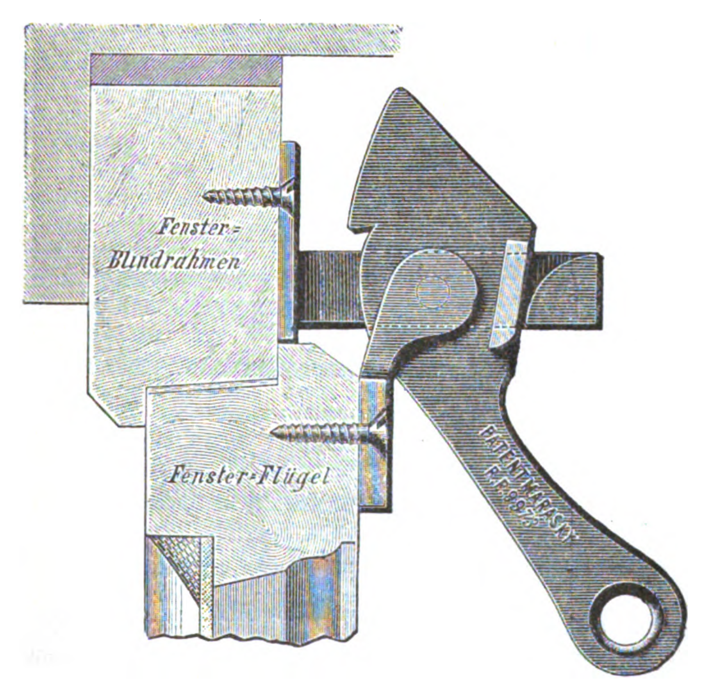


Fig. 9. Fensterverschlufs nach M a r a s k y. Schnitt.

erneuerung des Raumes und müßte deshalb in Räumen, in denen viele CO_2-Quellen sind, sehr oft wiederholt werden.

In Räumen, die stündlich einen drei- bis viermaligen Luftwechsel erfordern, müßte die Zuglüftung in der Stunde also alle 10—15 Minuten wiederholt werden, was sich von selbst verbietet, da durch jede Ausführung der Zuglüftung eine Störung der Insassen erfolgt. In Schlafzimmern etc. kann sie nur vor dem Niederlegen, in vielen anderen Räumen nur selten ausgeführt werden, da sie stets Störung veranlaßt und eine beträchtliche Bedienung beansprucht.

In allen Fällen, wo diese Zuglüftung nicht ergiebig genug ist oder aus Bedienungs- und Betriebsrücksichten nicht zur Anwendung gebracht werden kann, müssen andere Vorkehrungen geschaffen werden, die im folgenden besprochen werden sollen.

2. Lüftung durch Kanalanlagen.

Durch einen einfachen Kanal im Fußboden, der mit der Außenluft in Verbindung steht und hinter dem Ofen ausmündet, kann man

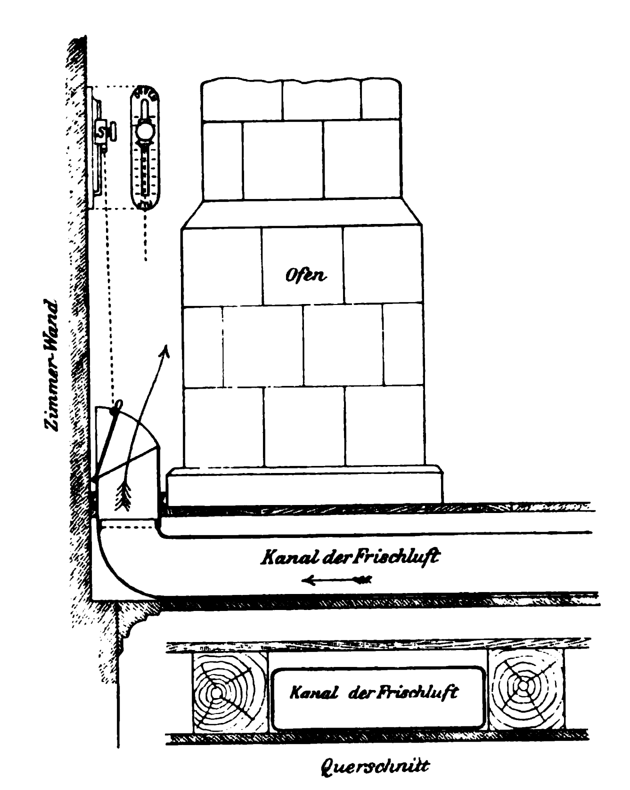


Fig. 10 und 11. Frischluftkanal mit Vorwärmung der Luft am Zimmerofen.

ständig dem Raume **frische Luft zuführen**; die Figuren 10 und 11 zeigen die einfache Anordnung einer derartigen Lüftung. Wenn man bedenkt, mit welchem Komfort heute die Gebäude selbst für kleinere Wohnungen eingerichtet werden, so erscheint es wunderbar,

daß derartige einfache und billige Einrichtungen nicht einmal für Schlaf- und Wohnzimmer vorgesehen werden.

Ist der Ofen nicht geheizt, so vermindert sich die Lüftung und hört schließlich ganz auf, jedoch herrscht besonders in der Nacht stets eine geringe Temperaturdifferenz zwischen innen und außen, sodaß die Lüftung selbst in den Sommernächten zur Kühlung des Raumes beiträgt.

Beträchtlich vermehrt wird die Wirkung durch eine Abzugsöffnung.

Recknagel schlägt als billigsten und einfachsten Apparat einen regulierbaren Fensterschieber vor, wie ihn die Figuren 12 und 13 veranschaulichen. Derselbe liegt der Wärmeökonomie halber in dem Fensterfelde direkt über dem Fensterbrett. Die untere Hälfte der Felder ist verglast, die obere offen und kann durch den Schieber SS beliebig eingestellt werden. Man stellt den Schieber so ein, daß durch die Oeffnung bei geöffnetem Zuluftschieber keine Außenluft mehr einströmt, sondern nur Luft abzieht.

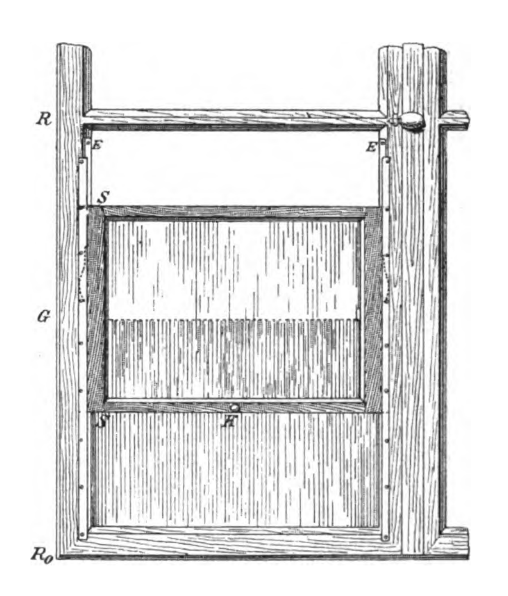




Fig. 12 und 13.
Fensterschieber nach Recknagel.

Diese Einrichtungen genügen nur für Wohnräume und für Zimmer mit geringer Lüftung. Ist jedoch ein genau einzuhaltender Luftwechsel vorgeschrieben, und befinden sich viele Personen im Raume, so ist die Vorwärmung der Frischluft im Zimmer bei milder Außentemperatur nur dann möglich, wenn der Ofen derartig mit wärmeundurchlässigem Mantel umgeben ist, daß die ganze von dem Ofen abgegebene Wärme nur zur Vorwärmung der Luft verwendet werden kann, nicht aber auch an den Raum selbst noch Wärme abgiebt.

In Schulen z. B. muß besonders auf der Sonnenseite bereits kurz nach Beginn des Unterrichtes bei Außentemperaturen über 0° C der Heizkörper abgestellt werden, da durch die von den Schülern entwickelte Wärme der Wärmeverlust überreichlich gedeckt wird. Für Schulen hat daher die Vorwärmung der Ventilationsluft außerhalb des Schulraumes und vollkommen unabhängig von dem Heizapparate zu erfolgen.

Für derartige Anstalten ist eine Centrallüftungsanlage das Zweckmäßigste. Die Luft kann dann da entnommen werden, wo sie von besonderer Güte ist; sie kann ferner in großen Staubkammern die Schwebeteilchen ablagern und in Filterkammern noch von den feineren Staubteilchen gereinigt werden. Die Luft wird dann in gemeinsamen Heiz-

kammern im Keller vorgewärmt, auf beliebige Temperatur gemischt und genügend befeuchtet an den Bestimmungsort geleitet. Die ganze Anlage läßt sich leicht übersehen und einheitlich handhaben.

Jeder Raum erhält einen entsprechend weiten Abluftkanal. Die Abluftkanäle werden entweder einzeln direkt über den First des Daches geführt, was den besten Effekt ergiebt; jedoch wird dieser Anordnung von seiten der Architekten meist ein hartnäckiger Widerstand entgegengesetzt, da die vielen Schornsteine die Façade verunstalten. Man läßt daher die Kanäle in den Dachbodenraum ausmünden, der nun seinerseits wieder gehörig entlüftet werden muß. Diese Anordnung erwärmt den Dachboden stark, was bei Schneefall vielfach zu großen Unannehmlichkeiten führt. Häufig zieht man, um die Nachteile dieses letzteren Systems etwas abzuschwächen, mit Hilfe von Sammelkanälen die einzelnen auf den Dachboden mündenden Abluftkanäle in einen Hauptabluftschacht zusammen, der dann mit einem Deflektor und einer Abstellvorrichtung versehen wird. In diese Sammelleitungen dürfen die Entlüftungsrohre der Aborte etc. nicht geleitet werden.

Statt die Abluftkanäle nach oben zu leiten, führt man sie auch häufig nach dem Keller in einen über Dach gehenden Schacht, der entweder durch abziehende Rauchgase oder durch eigene sogenannte Lockfeuerungen (s. Fig. 50, 51, 52) erwärmt wird.

Letztere Anordnung verlangt Erwärmung auch im Sommer, was jedoch aus Sparsamkeitsrücksichten leider oft unterlassen wird.

Wegen der Berechnung der Kanäle muß auf die technische Litteratur verwiesen werden (siehe z. B. die unten angegebene Litteratur). Nur die Prinzipien der Rechnung mögen hier angedeutet sein.

Der Hauptsatz derselben lautet, wie bereits oben entwickelt: die Arbeit der Auftriebskraft muß groß genug sein, um der zu fördernden Luft die nötige Bewegungsgeschwindigkeit zu erteilen und um die Widerstände der Bewegung, wie Reibungs-, Richtungs- und Querschnittsänderungen zu überwinden.

Denken wir uns zwei kommunizierende Kanäle mit Luft von verschiedener Temperatur (t_0 Außentemperatur, t Kanaltemperatur) gefüllt, dann ergiebt sich die die Bewegung hervorbringende Auftriebskraft aus der Differenz der Gewichte der ungleich schweren Luftsäulen. Es ist also:

$$\frac{1{,}293h}{1+\alpha t_0} - \frac{1{,}293h}{1+\alpha t} = \text{der Auftriebskraft.}$$

Stellen wir die Kraft der Widerstände ebenfalls als die Summe von Luftsäulen derselben Dichtigkeit dar, so erhalten wir die allgemeine Gleichung:

$$\frac{1{,}293\,h}{1+\alpha t_0} - \frac{1{,}293\,h}{1+\alpha t} = \frac{1{,}293\,v^2}{2g(1+\alpha t)} + \frac{1{,}293\,v^2\,W}{2g\,(1+\alpha t)}$$

Hierin bedeutet: v die erzeugte Geschwindigkeit und W die Summe der Widerstände. Löst man diese Gleichung nach v hin auf, so erhält man die Wolpert'sche Formel.

$$v = \sqrt{\frac{2gh\,(t-t_0)}{(1+W)\,(273+t)}}$$

Rietschel, *Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungsanlagen*, *Berlin* (1894).
Wolpert. *Sieben Abhandlungen zur Wohnungshygiene.*
Fischer, Hermann, *Handbuch der Architektur* 3. *Teil Bd.* 4 (1890).

VI. Die einzelnen Teile der Lüftungsanlage.

Bei Besprechung der Anordnung von Lüftungsanlagen folgt man am besten dem natürlichen Gange der Luft von ihrem Eintritt in die Lüftungsanlage, durch die Staub- und Vorwärmekammer, die Zu- und Ableitungskanäle bis zum Austritt aus dem Gebäude.

Da der Zweck einer Lüftungsanlage die Zuführung gesunder Luft ist, so ist das vornehmste Gesetz der Anordnung: „alle Teile der Lüftungsanlage müssen jederzeit leicht zugänglich und zu reinigen sein“.

Wie wenig dieses Gesetz beobachtet worden ist, kann man bei den meisten älteren und sogar bei vielen neueren Anlagen beobachten. Sie sind teilweise für ewige Zeiten vermauert oder nur schwer zugänglich und daher der Sammelpunkt von Verunreinigungen aller Art.

Fast täglich wird in den bürgerlichen Wohnungen der Staub von allen Gegenständen entfernt, in Schulen und anderen öffentlichen Gebäuden mehrere Male in der Woche und auch sonst auf peinlichste Sauberkeit gesehen, während die Luftkanäle, Vorwärmkammern etc., obgleich sie gerade die meiste Staubablagerung haben, da die durchströmende Luft daselbst den größeren Teil des mitgeführten Staubes absetzt, kaum jemals gereinigt zu werden pflegen.

Viele Klagen über die Beschaffenheit der Luft bei derartigen Lüftungsanlagen sind dieser schweren Zugänglichkeit und der dadurch bedingten vernachlässigten Reinhaltung zuzuschreiben, nicht minder aber auch bei besser eingerichteten Anlagen der Gleichgiltigkeit, die im allgemeinen den Lüftungsanlagen entgegengebracht wird, welche in vielen Fällen Hausbediensteten als Nebenbeschäftigung oder sogen. Heizern überlassen wird — Leuten, die für ihren Beruf eine ungenügende Vorbildung erhalten haben [1].

Es ist nicht nur nötig, daß die Gebäude mit guten Lüftungsanlagen versehen werden, sondern vor allem auch, daß dieselben ordnungsgemäß gehalten und bedient werden.

a) Luftentnahme [2].

Die Luftentnahme soll an der Stelle des Gebäudes erfolgen, wo die Luft am wenigsten von Staub, Ruß, Ausdünstungen der Kloaken u. s. w. verunreinigt wird.

Ist in Terrainhöhe kein geeigneter Ort für die Luftentnahme zu finden, so kann man die Luft auch aus höher gelegenen oder vom Gebäude entfernt liegenden Punkten entnehmen und wird sie im letzteren Falle durch einen Kanal dem Gebäude zuführen. Unterirdische Kanäle sucht man für die Luftleitung jedoch so viel wie möglich zu vermeiden; wenn diese aber angewandt werden, so müssen sie sehr sorgfältig gegen Nässe und Grundluft geschützt werden.

b) Luftreinigung.

Die Einströmungsöffnungen der Luft werden durch weitmaschige, herausnehmbare Gitter verschlossen, um Blätter, Vögel, kleine Tiere u. ä. fernzuhalten (Fig. 14, S. 268).

Die einfachste Art der Luftreinigung besteht in der Anordnung geräumiger S t a u b k a m m e r n, in welchen die Luft infolge der geringen Geschwindigkeit die schweren Schwebeteilchen absetzt.

Bei leichten Staubteilchen indessen genügt, vermöge des dieselben umgebenden Luftkubus[3], die geringste Luftbewegung, um dieselben in

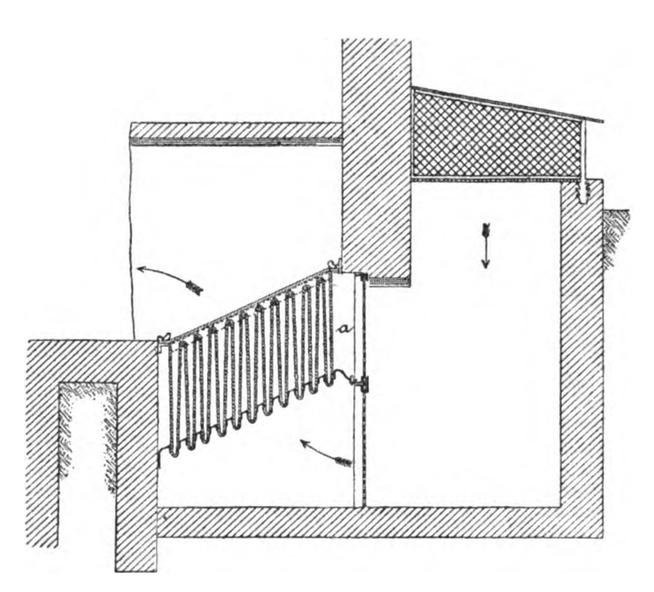


Fig. 14. Luftentnahme und Staubkammer.

der Schwebe zu halten. Durch Anfeuchtung aber werden auch diese feinsten Partikel niedergeschlagen, wie man ja auch allgemein bemerken kann, daß die Luft nach Regenfällen sehr rein von Staub ist: ein Umstand, der die Möglichkeit der L u f t r e i n i g u n g d u r c h k ü n s t l i c h e n R e g e n nahelegt. Das Verfahren wirkt jedoch nicht allseitig befriedigend und erfordert viel Wasser.

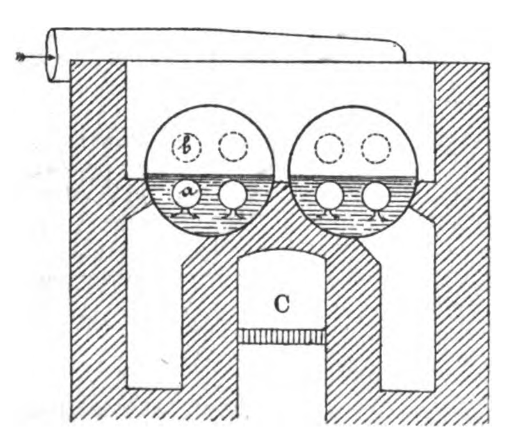


Fig. 15. Luftwäscher nach V o g t.

V o g t richtete in einer Berliner Schule einen sogenannten L u f t w ä s c h e r[4] ein (Fig. 15). Hierbei wird die Luft bei ihrem unter Wasser erfolgenden Austritte aus den Röhren *a* durch die bedeckende Wasserschicht gedrückt und geht durch *b* nach den Gebrauchsorten ab; um bei Frosttemperatur das Einfrieren zu vermeiden, ist der Wäscher mit Feuerung *C* versehen.

Da die durchstreichende Luft bei den Wäschern so-

wohl als auch bei dem künstlichen Regen stets mit Feuchtigkeit gesättigt wird, so entsteht bereits bei Außentemperaturen über 0° C in den Zimmern ein zu hoher Feuchtigkeitsgehalt.

Vielfach werden zur Luftreinigung Filter[5] aus Geweben in Verbindung mit geräumigen Staubkammern angewandt. Je rauher die Gewebe sind, und je kleiner die Oeffnungen, je besser werden die Filter wirken; um so größer wird aber auch der für die Luftbewegung zu überwindende Widerstand bei gleicher Größe des Filters.

Die Filter müssen daher eine möglichst große Fläche erhalten. Das wird erreicht, wenn man das Filtertuch in Zickzack (Fig. 14) oder Taschenform über die Stäbe legt. In Fig. 14 ist der Filterstoff mit *a* bezeichnet.

Möller[7] in Brackwede faltet die Filter sehr stark oder wendet direkte Taschen an (Fig. 16 und 17).

Da die Filter schnell verstauben und dementsprechend der Widerstand derselben wächst, muß bei der Anordnung auf bequeme Entfernbarkeit zwecks Reinigung gesehen werden.

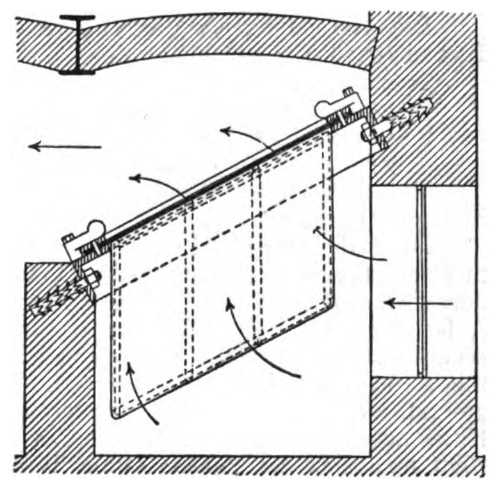


Fig. 16. Luftfilter nach Möller.

Nach Versuchen von Rietschel[6] ist der Widerstand der Filter ausgedrückt in einer Luftsäule h in Luft von gleicher Temperatur wie die zu filternde:

$$h = \frac{m.L}{F}$$

worin L die in der Stunde zu filternde Luftmenge, F die auszuführende Filterfläche und m einen Koefficienten bedeutet, und zwar ist m für gewöhnliches Nesseltuch = 0,0015, m für Möller'sches Filtertuch = 0,024—0,03 je nach der zulässigen Verstäubung.

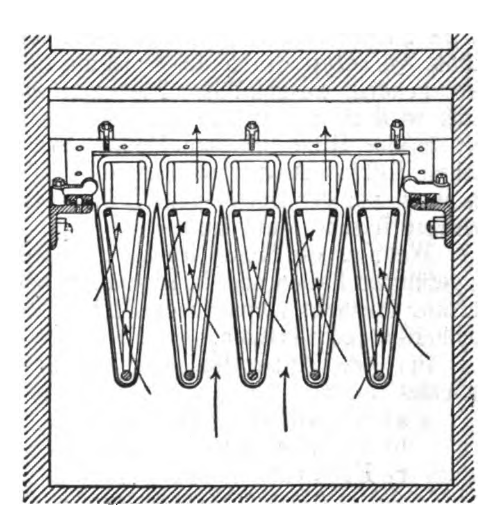


Fig. 17. Luftfilter nach Möller.

Die Reinigung der Luft durch engmaschige Filter oder Wäscher bietet der Luftbewegung jedoch so große Widerstände dar, daß bei Anlagen, die auf Temperaturdifferenzen beruhen, auf dieselben meist verzichtet werden muß.

Bakterienfreie Luft läßt sich mittelst Luftfilter nur schwierig, in praxi kaum herstellen[8].

1) **E. Voigt**, *Zeitschr. für Schulgesundheitspflege VI* (1893) *No.* 1 *Abs.* 3.
2) **H. Fischer**, *Ueber die Schöpfstellen f. frische Luft*, *Zeitschr. d. Arch.- und Ing.-Ver. zu Hannover* (1884) 298
3) *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingenieure* (1883) 600, 604.
4) *Gesundheits-Ing.* (1880) 64, *ferner Zeitschr. d. Ver. deutsch Ing.* (1883) 606.
5) **Hartmann, K.**, *Gesundheitsing.* (1889) 534; **H. Fischer**, *Zeitschr. d. V. d. Ing.* (1887) 566; **Kofahl**, *Zeitschr. d. V. d. Ing.* (1893) 358 *u.* 1360.
6) **Rietschel**, *Ges.-Ing.* (1889) *No.* 4, *Untersuchung von Filterstoffen und* **Möller**, *ebendas.*, *No.* 5.
7) **Karl Möller**, *Röhrenluftfilter*, *Zeitschr. d. Centralst. f. Arbeiter-Wohlfahrtseinrichtungen* (1894) 97.
8) **Petri**, *Z. f. Hyg.* (1889) 16. *Bd.* 233.

c) Bewegung der Luft durch Gebläse [1].

Die Anwendung von Bläsern oder die sogenannte mechanische Lüftung wird notwendig:

1) wenn der Verbrauch an Luft sehr bedeutend ist, z. B. bei Lüftung von Theatern, großen Versammlungssälen etc.,
2) wo eine zu jeder Zeit und bei jeder Außentemperatur gesicherte Lüftung gefordert wird.

Von besonderer Bedeutung sind Drucklüftungsanlagen für die Sommerlüftung.

Ist nämlich nur eine Lüftungsanlage vorgesehen, die auf der Temperaturdifferenz der Außen- und Innenluft beruht, so hört die Wirkung derselben auf, sobald die Temperaturen sich ausgleichen. Steigt die Außentemperatur über die Temperatur der Luft im Gebäude, so wird schließlich eine rückläufige Bewegung vom Dachboden aus durch die Geschosse nach dem Keller zu stattfinden. Die Lüftung erfolgt dann, vorausgesetzt, daß nicht das Straßengeräusch, Winde und Regen oder zu große Hitze dieselbe verbieten, durch die Fenster (s. S. 261). Bei großer Hitze stellt man aber die Fensterlüftung besser ganz ein: also gerade dann, wenn die Kühlung durch bewegte Luft so sehr erwünscht wäre.

Diese Kühlung ist nun vorteilhaft durch eine Drucklüftungsanlage zu erreichen. Während der Nacht wird dann ständig und lebhaft kühle Außenluft durch das Gebäude geblasen und alle Luftwege, Wände etc. gehörig ausgekühlt. Die dann während der Benutzung geförderte Luft wird in den kühlen Luftwegen noch lange abgekühlt, sodaß selbst bei großer Hitze in dem Hause eine lebhafte Lüftung und eine angenehme Kühle erhalten werden kann. Zugleich werden aber die Zimmerinsassen vor der Dachbodenluft bewahrt und atmen bei angenehmer Temperatur frische, gute Luft.

Wenn es die Mittel irgend gestatten, sollte man daher in den oben angeführten Fällen und in Erwägung des eben Gesagten auf eine Drucklüftung Bedacht nehmen; die Mehrkosten derselben werden die Annehmlichkeiten rechtfertigen.

Bei den Apparaten, die zur Bewegung der Luft dienen, unterscheidet man:

a) Strahlapparate,
b) Schraubenbläser,
c) Flügelbläser.

a) Strahlapparate. Dieselben beruhen auf dem Mitreißen von Luft durch unter Druck ausströmenden Wassers.

Der einfachste Apparat, der diese Wirkung am leichtesten veranschaulicht, ist der Körting'sche (Fig. 18). Aus der Düse D (Fig. 19)

strömt der fein zerstäubte Wasserstrahl in den Cylinder, die umliegende Luft ansaugend und mit sich fortführend. Fig. 20 stellt einen Strahlapparat dar, der gestattet sowohl frische Luft einzupressen, indem man die rechte Düse *a* öffnet oder Luft aus dem Raum abzusaugen, indem man die linke Düse *a* öffnet. Durch die Leitung *b* wird das Wasser zugeleitet und durch *c* wieder zur anderweitigen Verwendung abgeleitet. Dieselbe Wirkung bringt unter Druck ausströmende Luft wie auch Dampf hervor

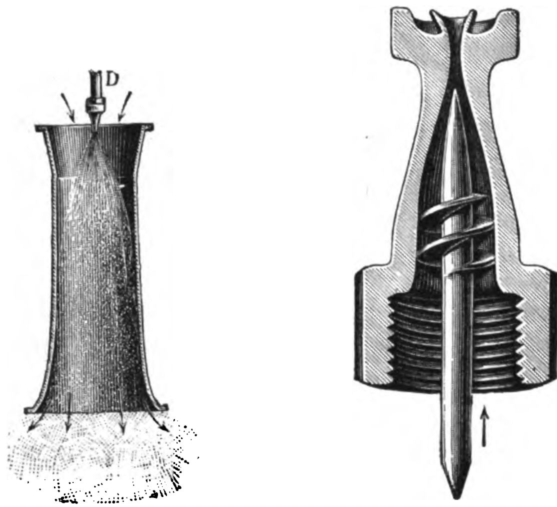


Fig. 18 und Fig. 19. Körting's Streudüse.

Die Strahlapparate arbeiten meist nicht ohne Geräusch und sind nur für kleine Anlagen zu verwenden.

b) Schraubenbläser[2]. Sie bewegen die Luft nach dem Prinzip der Schiffsschraube.

Zum Betriebe derselben wird entweder der Stoß des unter Druck ausströmenden Wassers oder Maschinenbetrieb verwendet. Ein Schraubenbläser *a* mit Wasserbetrieb ist der Wasserstrahlventilator „Kosmoslüfter" von Schäffer & Walcker (Fig. 21 und 22 S. 272).

Durch die Düse *D* strömt das Druckwasser gegen die Zähne des Rades *R*, dasselbe und das damit verbundene Flügelrad *B* drehend. Strömt das Wasser durch Düse D_1 ein, so tritt die Drehung nach der anderen Richtung ein, man kann also entweder saugen oder drücken.

Sind größere Luftmengen zu bewegen, so sind Bläser mit Maschinenantrieb zu verwenden.

Fig. 23 (S. 273) zeigt einen Bläser von Schiele & Co. In neuerer Zeit, wo fast alle größeren Städte elektrische Kraftcentralen haben, sind die Ventilatoren mit elektrischem Antrieb sehr beliebt.

Fig. 24 (S. 273) zeigt einen derartigen elektrisch betriebenen Blackmanventilator.

c) Der Flügelbläser hat die Form einer Kapsel, in der sich ein Schaufelrad befindet. Die Luft strömt in der Axe ein und wird mit der größten Umkreisgeschwindigkeit ausgeworfen.

Die Preisverzeichnisse der verschiednnen Firmen geben nur die

Leistung bei 0° C. und freiem Ausblasen an, in der Praxis haben die Ventilatoren noch die Widerstände der Leitung etc. zu überwinden [3], müssen also dementsprechend größer gewählt werden.

1) **Recknagel**, *Ges.-Ing.* (1891) *No.* 13, 17.
2) **v. Hauer**, *Die Wettermaschinen.*
3) **Rietschel**, *Leitfaden*, 1. *Bd.* 31.

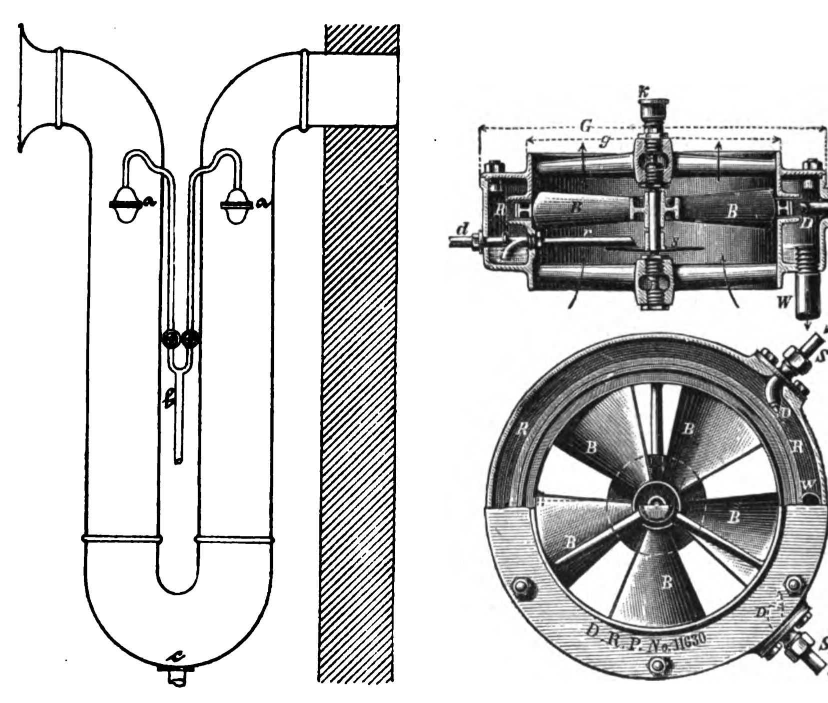


Fig. 20. Strahlapparat (s. S. 270). **Fig. 21 und 22. Kosmoslüfter.**

B Luftrad. *R* Turbinenrad. *S S* Anschluß der Wasserleitung. *D* Spritzdüse. *s* Wasserzersteubungsvorrichtung. *W* Abfluß des verbrauchten Wassers.

d) Vorwärmung.

Die zur Lüftung erforderliche Außenluft muß, sobald sie in das Bereich der Menschen kommt, auf die Temperatur des Zimmers (18° bis 20° C.) vorgewärmt sein, anderenfalls sind Zugempfindungen unvermeidlich.

Diese Vorwärmung erfolgt nun entweder im Raume selbst an den dort aufgestellten Heizkörpern oder in besonderen Luftvorwärmekammern, die vorteilhaft im Keller angeordnet werden.

Die erste Anordnung, bei welcher die kalte Außenluft unter oder über dem Heizkörper eintritt und erst an Ort und Stelle vorgewärmt wird, erfordert viele Oeffnungen für die Lufteinströmung. Die Luft kann hierbei nicht vom Staub etc. gereinigt werden, auch ist bei windigem Wetter die Luftmenge schwer zu regeln. Die Heizkörper müssen so angeordnet werden, daß, wenn bei milderer Außentemperatur oder bei An-

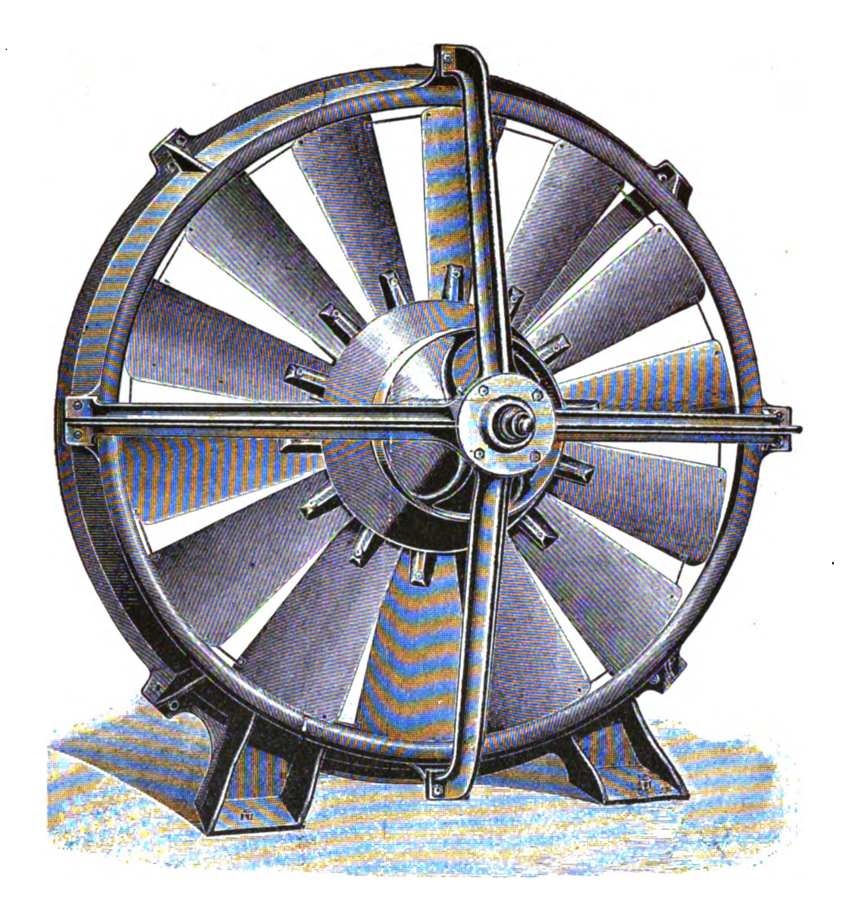


Fig. 23. Bläser von Schiele & Co.

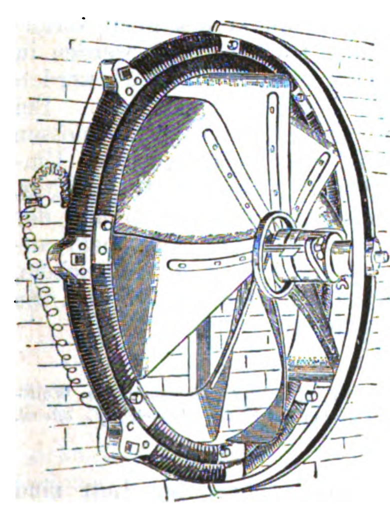


Fig. 24. Blackmanventilator.

sammlung von Menschen die Erwärmung des Raumes nicht mehr nötig ist, sie nur zur Vorwärmung der Luft verwendet werden können.

Es ist daher meist empfehlenswerter, Vorwärmekammern im Keller vorzusehen.

Die Heizapparate in den Vorwärmekammern besitzen sehr verschiedene Konstruktion, auf welche im Abschnitt „Luftzeizung" näher eingegangen werden wird.

Die Temperatur der Heizflächen[1] soll nicht über 100° C. betragen, da bei höherer Temperatur nach Fodor bereits Versengung bez. Vergasung der in der Luft enthaltenen Staubteilchen statt-

findet, weswegen Wasser- bez. Dampfröhren zur Vorwärmung empfohlen werden.

Der Heizapparat soll, um eine gleichmäßige Wärmeverteilung zu erhalten, so niedrig wie möglich und über die ganze Heizkammer verteilt angeordnet werden.

Um den Räumen beliebig temperierte Luft zuführen zu können, werden die einzelnen Zuluftkanäle nach unten bis zum Fußboden der Heizkammer verlängert und von dort kühle Luft zur Mischung entnommen.

Nochmals sei hervorgehoben, daß die Vorwärmekammern geräumig und alle Teile, besonders aber die Heizapparate leicht zu reinigen sein müssen.

Die Wände der Kammern, sowie der Zuluftkanäle sind möglichst glatt herzustellen, damit der Staub wenig Gelegenheit zur Ablagerung erhält und sich bequem entfernen läßt. Eine Gasflamme, die von außen die Kammern beleuchtet, sowie ein Auslaufhahn mit Schlauchtülle, um den Fußboden und die Wände der Kammer abspülen zu können, sind sehr zu empfehlen.

1) **Meidinger**, *Deutsche Bauzeitung* (1894).

e) Befeuchtung.

Durch die Erwärmung vermindert sich der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft, sodaß er durch Verdunsten von Wasser, soweit wie erforderlich, ersetzt werden muß.

Die für die Gesundheit vorteilhafteste Größe der relativen Feuchtigkeit in den bewohnten Räumen wird durchschnittlich zu 40—60 Proz. des absoluten Feuchtigkeitsgehaltes der Luft angegeben [1].

Das Gefühl von Trockenheit in den Atmungsorganen wird mit Vorliebe auf trockene Luft zurückgeführt. Vielfach jedoch scheinen es die an den heißen Heizflächen versengten und hoch erwärmten Staubteilchen [2] und die durch trockene Destillation gebildeten Gase zu sein, welche, ohne die Wärme schnell genug abzugeben, noch heiß in die Atmungsorgane gelangen und dort das Gefühl der Trockenheit veranlassen. Denn die zahlreichsten Klagen über trockene Luft werden in Räumen laut, in denen eiserne Oefen stehen, die stark geheizt werden müssen, oder bei Lüftungsanlagen mit Feuerluftheizkörpern. Bei Warmwasser- bez. Kachelofenheizung, wo ein Erglühen ausgeschlossen ist, sind bei denselben Lüftungsmengen und unter sonst gleichen Umständen die Klagen über Mangel an Luftfeuchtigkeit viel vereinzelter. Man sollte daher bei zu kleinen Anlagen anstatt auf Erweiterung der Befeuchtungsanlagen, wodurch die Heizungsanlage nur noch mehr angestrengt wird, um die zum Verdunsten nötige Wärme zu entwickeln, mehr auf Vergrößerung der Heizapparate bedacht sein und dadurch die Gefahr des Erglühens einzelner Teile vermindern.

1) **A. Wolpert**, *Ges.-Ing.* (1891) *No.* 16.
2) **Eulenberg**, *Handbuch des öffentlichen Gesundheitswesens, Abschnitt „Heizung" von* **Wolffhügel**; **Fodor**, *Vorzüge und Nachteile der Luftheizungen, Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesdhpfl.* 14. *Bd. Heft* 1.

Zum Messen des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft sind Feuchtigkeitsmesser (Hygrometer) aller Art in Gebrauch.

Diejenigen, die auf der Formveränderung organischer Substanzen (besonders Menschenhaaren, Strohhalmen etc.) beruhen, gestatten eine direkte Ablesung, sie schwanken aber in ihren Angaben sehr beträchtlich, verändern sehr schnell ihre Angaben und müssen sehr oft von neuem geaicht werden.

Das beste und bekannteste Haarhygrometer ist das von Saussure. Ein Haar, bei *a* (Fig. 25) befestigt, wird unten über die Rolle *b* geführt und durch ein kleines Gewicht *c* straff gehalten.

Dehnt sich das Haar durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit aus oder zieht es sich zusammen, so wird diese Bewegung auf die Rolle und den mit ihr fest verbundenen Zeiger übertragen. Auf der Skala sind die Prozente der relativen Feuchtigkeit sogleich abzulesen.

Zu genauen Versuchen ist auch das Saussure'sche Hygrometer nicht zu verwenden. Stets zuverlässig in ihren Angaben sind die Feuchtigkeitsmesser, die auf Verdunstung wie der August'sche (Fig. 26) beruhen.

a ist ein gewöhnliches, sehr genaues Thermometer; um die Quecksilberkugel des sonst gleichen Thermometers *b* ist ein Läppchen gewickelt,

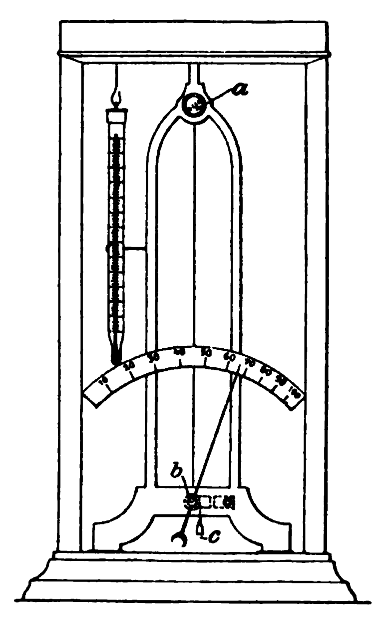


Fig. 25. Hygrometer von Saussure.

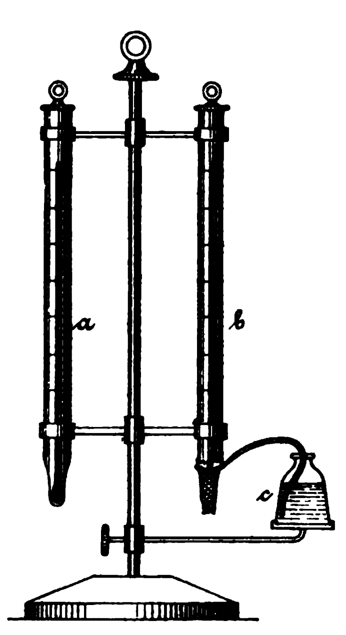


Fig. 26. Hygrometer von August.

das durch den Docht *c* stets feucht erhalten wird. Aus der Temperaturdifferenz der beiden Thermometer berechnet sich die Luftfeuchtigkeit. In der Praxis benutzt man stets genau berechnete Tabellen.

Der Apparat von August hat durch Krell in Nürnberg eine für den allgemeinen Gebrauch brauchbare Form erhalten.

Die Kugel des linken Thermometers (Fig. 27) ist mit einem Läppchen umhüllt, das dochtartig sich nach dem zwischen den Thermometern angebrachten geschlossenen Wasserbehälter fortsetzt und aus demselben für geraume Zeit mit Verdunstungsflüssigkeit versorgt wird.

Aus der darüberstehenden Tabelle sind die Prozente der relativen Feuchtigkeit sogleich zu entnehmen.

In der ersten senkrechten Reihe sind die Prozentzahlen der relativen Feuchtigkeit angegeben, die oberste Reihe enthält die Temperaturen des trockenen rechten Thermometers und darunter in den senkrechten Spalten die Temperaturen des nassen linken Thermometers, die den in der ersten Spalte aufgeführten Prozentzahlen der relativen Feuchtigkeit entsprechen. Zeigt z. B. der trockene Thermometer 16° C., der nasse 13° C. an, dann findet man in der senkrechten Spalte mit der Kopfzahl 16, die Zahl 13,2 und als Kopfzahl der dazu gehörigen wagerechten Spalte die Zahl 70 Proz.

Die Vorrichtungen zur Befeuchtung beschränken sich bei Lokalheizungen meist auf einfache Pfannen, die auf dem Ofen stehen und dann und wann gefüllt werden.

Bei Centralanlagen werden ebenfalls Pfannen (Fig. 28, 29, 30) angewendet, die auf die Heizkörper gestellt werden.

Eine vorteilhafte Anordnung, wenn eine große Verdunstfläche gewünscht wird, ist die Etagenaufstellung, wie sie von Käuffer

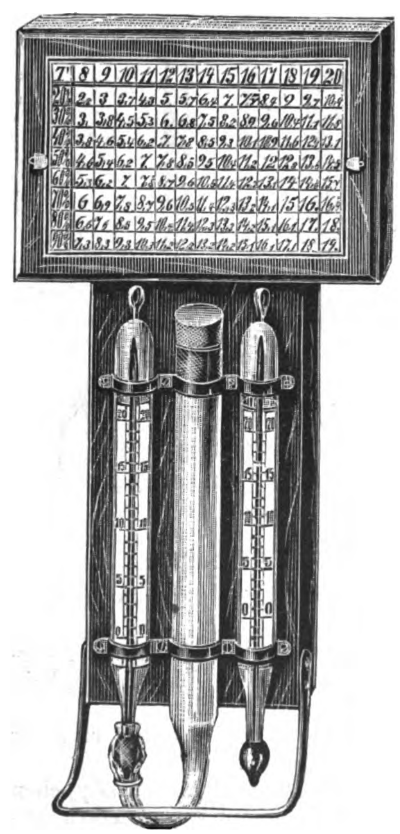


Fig. 27. Hygrometer von Krell.

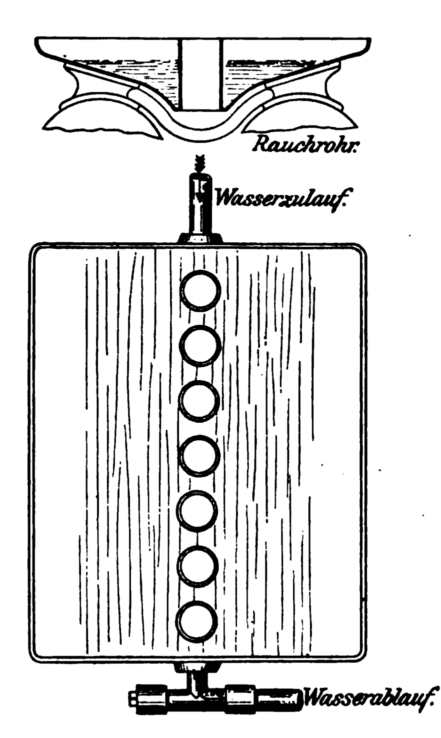


Fig. 28 und 29. Befeuchtungspfanne nach Keeling.

ausgeführt wird. Die oberste Pfanne (siehe Fig. 31) wird gefüllt, und jede tiefer liegende ergänzt sich durch Ueberlauf der darüber liegenden. Die Regulierung der Befeuchtung ist jedoch bei einfachen Pfannen schwierig. Selbst die Ausführung von sich nach unten zu verjüngenden

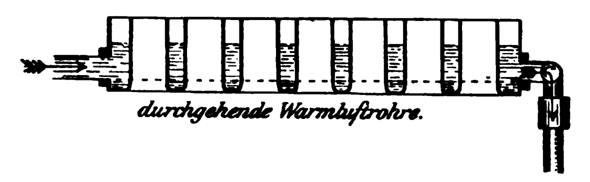


Fig. 30. Befeuchtungspfanne.

Pfannen bietet für die Regelung wenig Besserung. — Leichter passen sich den verschiedensten Anforderungen die Pfannen mit schräg oder geneigt eingelegten Dampfschlangen an.

Je nach der Höhe des Wasserstandes taucht eine größere oder kleinere Heizfläche ein und bewirkt die Verdunstung des Wassers. — Ebenso regelbar sind die Spritzdüsen (Fig. 19 S. 271), indem man je nach Bedarf mehrere derselben ein- bez. ausschaltet. Die Zerstäubung wird entweder durch Düsen mit eingelegter Spirale (Fig. 19) bewirkt oder dadurch, daß ein feiner Wasserstrahl gegen eine kleine Platte spritzt.

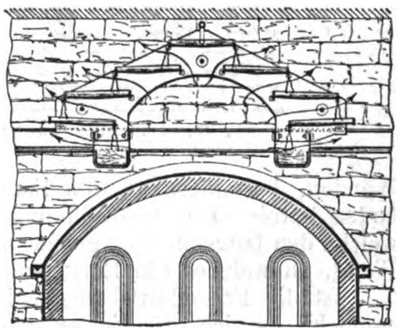


Fig. 31. Befeuchtungspfanne nach Käuffer.

Zur Berechnung der für Lüftungszwecke zu verdampfenden Wassermenge m dient die Formel: $m = 0{,}07\ L$ kg. Hierbei ist angenommen, daß der volle Lüftungseffekt L noch bei — 10° A. T. eingehalten werden soll und daß die Zimmerluft 20° C. und 50 Proz. der vollen Sättigung haben soll.

f) Führung der Luft zu den Verbrauchsorten.

Von der Vorwärmekammer wird die Luft meist direkt senkrecht ansteigend nach dem Verbrauchsort geleitet. Liegt der Verbrauchsort in wagerechter Richtung von der Heizkammer entfernt, so wird der Kanal an der Kellerdecke entlang geführt, bis er senkrecht aufsteigen kann. Diese wagerechten Warmluftkanäle müssen thunlichst beschränkt und nicht länger als 10 m ausgeführt werden. Es ist für einen geregelten Betrieb bei langen Kanälen wünschenswert, die Leitung erst bis in den ersten oder zweiten Stock senkrecht hinauf und dann an der Korridordecke wagerecht weiterzuführen.

Die Kanäle werden entweder gemauert und gefugt oder in neuerer Zeit vielfach aus glasierten Thonröhren mit rundem oder viereckigem Querschnitt (siehe Fig. 32) hergestellt.

Die letztere Ausführung ist, da sich Staub fast gar nicht an den

glatten Wänden ansetzt, den gemauerten Kanälen, die selbst bei sauberster Ausführung nicht glatt werden, vorzuziehen.

g) Anordnung der Luftein- und -abströmungsöffnungen.

Die Einströmungs- und Abzugsöffnungen müssen überall von Menschen derartig weit entfernt sein, daß die dort stattfindende Luftbewegung nicht als Zug wahrgenommen werden kann, falls nicht etwa die Geschwindigkeit in der Nähe von Personen sehr gering, höchstens 0,2 m, ist.

1. Luftbewegung in kleineren Räumen.

Ist die Frischluft wärmer als die Zimmerluft, so kann dieselbe an der Decke oder in beliebiger Höhe an der Wand ausströmen, sie steigt stets hoch, breitet sich als oberste, leichteste Luftschicht an der Decke aus und strömt dann an derselben, sowie an den

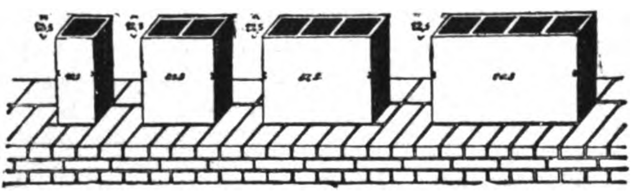


Fig. 82. Luftkanäle aus glasierten Tonröhren nach Soltau.

Wänden, besonders an den Fenstern sich abkühlend, nach dem Fußboden herab. Die Abluftöffnung liegt daher, um die Luft aufzunehmen, welche den längsten Weg gemacht hat, vorteilhaft am Fußboden derselben Wand, an welcher die Einströmungsöffnung liegt.

Ist die Frischluft dagegen kühler als die Zimmerluft, so empfiehlt es sich, die Einströmungsöffnung über dem Heizkörper direkt unter der Decke anzuordnen und die Luft mit möglichst großer Geschwindigkeit gegen die Decke zu leiten, um dadurch den Luftstrahl zu zersplittern und über die ganze Decke zu verteilen.

Der Abluftkanal erhält außer seiner unteren Oeffnung auch noch eine obere, die im Winter nur dann zur Anwendung kommt, wenn es im Raum zu warm wird. Die Benutzung der oberen Abluftklappe bezeichnet man gewöhnlich als Sommerventilation. Durch dieselbe strömt jedoch nur so lange Luft ab, als die Innenluft wärmer als die Außenluft ist, dann hört die Sommerlüftung auf. Bei hoher Außentemperatur geht der Kanal meist rückläufig.

Diese Art der Lüftung ist in den Schulen, Bureauräumen etc. die verbreiteste. Man bezeichnet dieselbe als Luftbewegung von oben nach unten.

Gegen dieselbe wird besonders bei Schulen geltend gemacht, daß sich die von den Kindern erwärmte aufsteigende Luft, welche die Ausdünstungen und Atmungsprodukte mit sich führt, an der Decke mit frischer Luft mische und so wieder in das Bereich der Schüler gelange.

Ed. Deny[1] und andere schlagen daher die Luftbewegung von unten nach oben vor. Die Luft soll unten in der Nähe des

Fußbodens oder an einer oder mehreren Stellen des Fußbodens zufließen und oben abgeleitet werden.

Die an den kalten Wänden und Fensterflächen herabströmende Luft wird dann, ehe sie in das Bereich der Menschen tritt, hinter Paneelen direkt abgeleitet.

Die Anordnung der Ein- und Ausströmungsöffnungen gegeneinander und die Wahl der geeignetsten Stellen im Raum muß von Fall zu Fall der Verwendung des Raumes und der Baulichkeit entsprechend getroffen werden.

1) Ed. Deny, *Die rationelle Heizung und Lüftung*, *Berlin*, *Ernst und Korn*, 1886.

2. Luftbewegung bei großen Versammlungsräumen, Theatern, Sitzungs-, Konzert-, Börsensälen etc.[1].

Für große Säle kommen die nämlichen Arten der Luftbewegung in Betracht, wie für Zimmer:

1) Zuleitung oben und Ableitung unten,
2) Zuleitung unten, Ableitung oben.
3) Zuleitung in der Mitte, Ableitung unten oder oben.

1) Die erste Anordnung, Zuleitung oben und Ableitung der Luft unten, ist anwendbar bei elektrischer Beleuchtung des Saales, oder sofern die Verbrennungsprodukte des Gases direkt und vollkommen sicher an der Entstehungsstelle abgeleitet werden. Sie ist notwendig in Sälen, wo der Fußboden zur Lüftung nicht zu verwenden geht, wo viel Verkehr und dadurch Staubaufwirbelung, wie in Börsensälen u. s. w. sich einstellt.

2) Die zweite Anordnung, Zuleitung unten, Ableitung oben, wird überall da empfohlen, wo große Fußbodenflächen zur Verfügung stehen, Theater, Konzertsäle mit festen Stuhlreihen etc. und wo die menschlichen Atmungs- und Ausdünstungsprodukte schnell aus dem Bereich der Menschen entfernt werden sollen. Unzulässig ist diese Lüftungsart, wenn die Wände des Raumes erhebliche Wärmemengen abgeben.

3) Die letzte Anordnung wird meist in Verbindung mit den beiden ersten Lüftungsarten angewandt. Die Zuluft wird dann, damit sie sich zerteilt, schräg nach oben in den Raum gedrückt.

Die Fig. 33—37 geben ein anschauliches Bild von den in großen Sälen gebräuchlichen Luftbewegungen. Fig. 33 ist der Schnitt durch einen Saal ohne Lüftungsvorrichtung und mit starken Abkühlungswänden. Die Luft erwärmt sich an den in den Stuhlreihen sitzenden Personen und steigt nach der Decke empor, woselbst sich die erwärmte Luft ausbreitet und vornehmlich an den kälteren Umschließungswänden (der Fensterwand) herabströmt. Die herabfallende abgekühlte Luft strömt nun unter die Stuhlreihen.

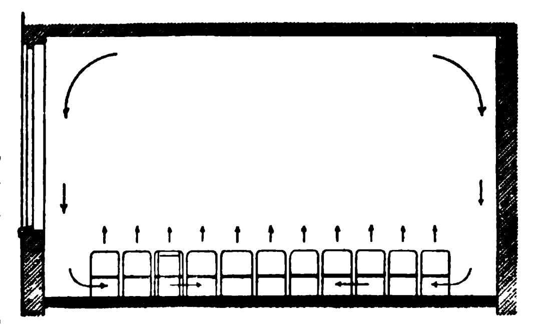


Fig. 33.

Es bemerken vor allem die am Fenster Sitzenden einen sehr unangenehmen Zug. Hierdurch erklären sich auch die Zugerscheinungen in größeren Sälen, welche entstehen, trotzdem Fenster und Thüren dicht geschlossen sind.

Fig. 34 zeigt den Schnitt durch einen eingebauten Saal, der also Wärme durch die Wände fast nicht abgiebt. Die Luft tritt durch viele kleine Oeffnungen am Fußboden ein, bestreicht jeden einzelnen Platz gleichmäßig und wird an der Decke abgeführt. Die Luft tritt an die Füße mit 18° C. und verläßt den Kopf mit etwa 23° C. Leitet man die Luft umgekehrt (Fig. 35), so sollte man annehmen, daß die Luft mit 18° C. die Köpfe trifft und mit 23° C. abzieht; dies ist aber nicht der Fall, da sich die aufströmende an den Menschen erwärmte Luft mit der kühlen mischt und so die unmittelbare Kältewirkung auf die Menschen verhindert.

Haben die Säle kalte Wände, so tritt bei der Luftbewegung von unten nach oben die in Fig. 36 dargestellte Ablenkung der Luft nach den kalten Wänden ein, und es bildet sich teilweise der Zustand heraus, wie er (S. 279) bei Fig. 33 beschrieben ist. Die Einströmung von oben (Fig. 37) bietet hier den Vorteil, daß die Luft genügend warm einströmen kann und daher nicht so stark abgekühlt in das Bereich der Menschen gelangt.

Eine einfache Lüftungs- und zugleich Kühlungseinrichtung für Tanz-, Gesellschaftssäle etc., die besonders abends bei Gasbeleuchtung gebraucht wird, ist die Lüftung durch poröse Wände, Teppiche etc. Die praktische Ausführung kann sehr verschieden gelöst werden. Um das Prinzip zu veranschaulichen, denke man sich einen viereckigen Saal mit einer Fensterwand. Die ganze Fensterwand wird bis über die Fenster mit dicken Teppichen verhangen, wobei darauf zu achten ist, daß die Teppiche sowohl oben an der Wand, am Fußboden als auch an dem Zusammenstoß von zwei Teppichen möglichst dicht anliegen, d. h. keine merkbaren Löcher freilassen, durch welche die Luft im geschlossenen Strome einströmen kann. Hinter der Teppichwand werden nach Erfordernis Fenster geöffnet, und

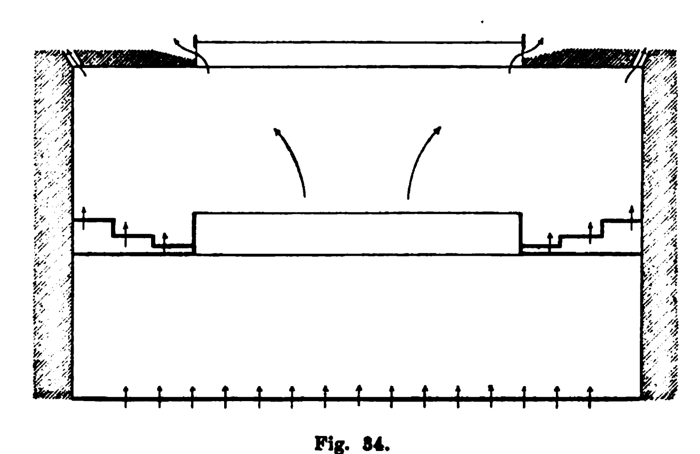


Fig. 34.

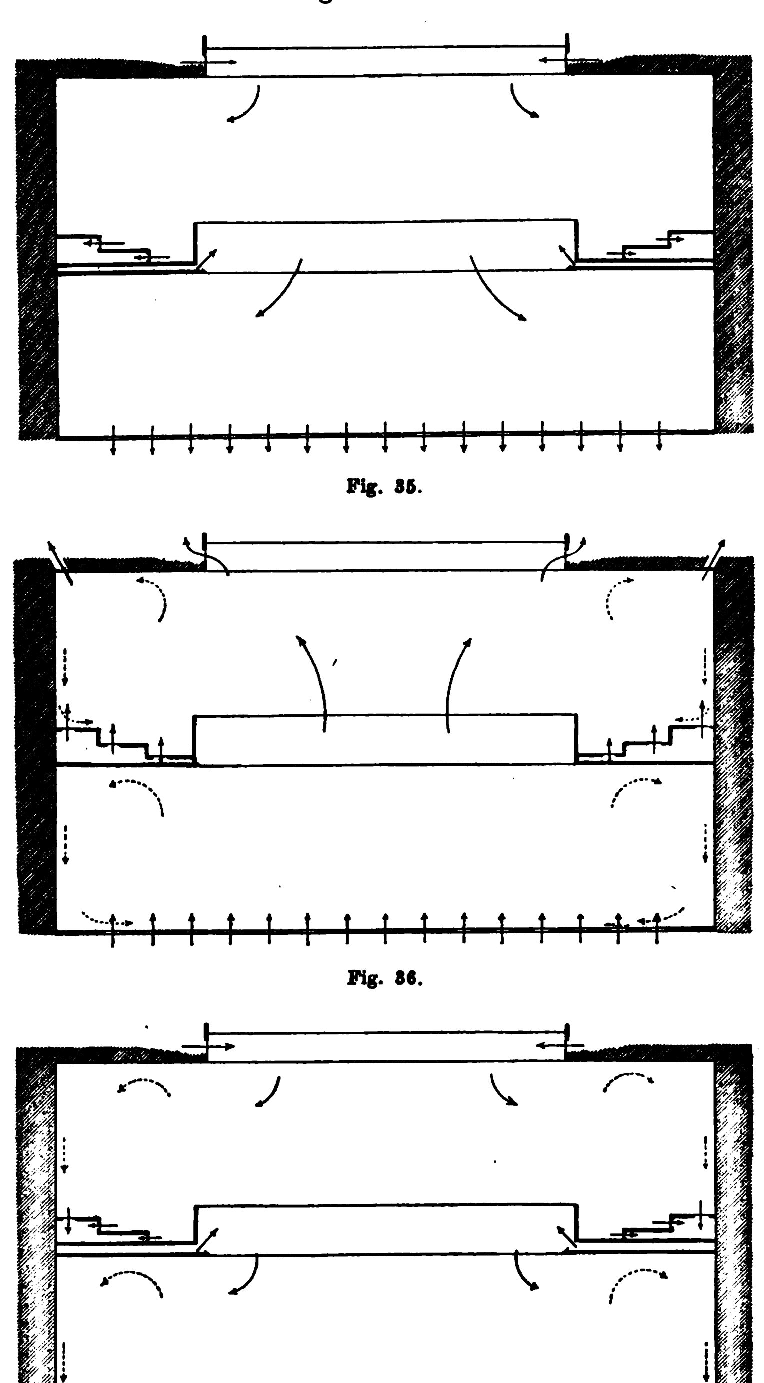


Fig. 35.

Fig. 36.

Fig. 37.

durch eine Oeffnung an der Decke oder einer Thür wird die Luft wieder abgeführt.

In solchen Räumen kann ohne Belästigung durch Zug leicht eine erträgliche Temperatur und Luft erhalten werden.

Zur Regelung der Lüftung werden Drossel- oder Drehklappen (Fig. 38), Fall- oder Wechselklappen (Fig. 39, 40) und Jalousieklappen

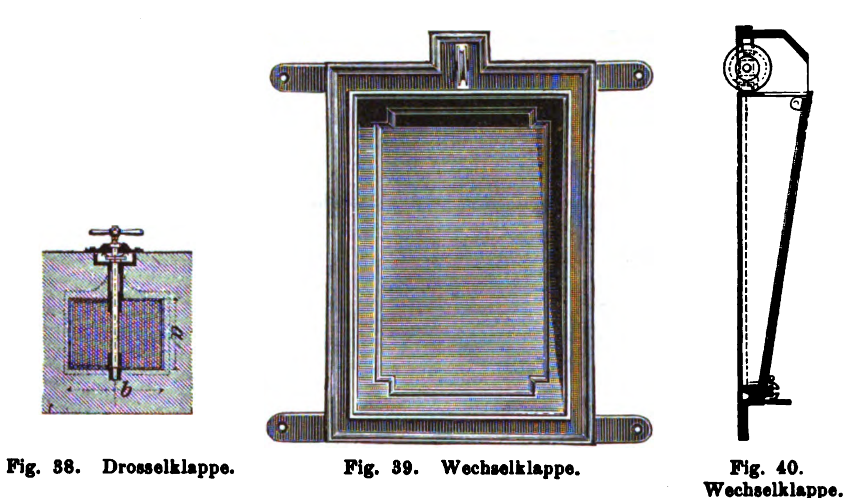


Fig. 38. Drosselklappe. Fig. 39. Wechselklappe. Fig. 40. Wechselklappe.

(Fig. 41, 42) verwendet, die entweder im Raume selbst oder vom Korridor aus von dem Heizer gestellt werden. Ein weiterer Abschluß der Ein- und Abströmungsöffnungen durch Gitter ist nur notwendig aus dekorativen Gründen oder in Schulräumen, um den Kindern das Hineinwerfen von Verunreinigungen zu erschweren. Auf jeden Fall sind die Gitter recht weitmaschig zu wählen, um der Luft keinen zu großen Widerstand zu bieten. Die Gitter müssen leicht zu entfernen,

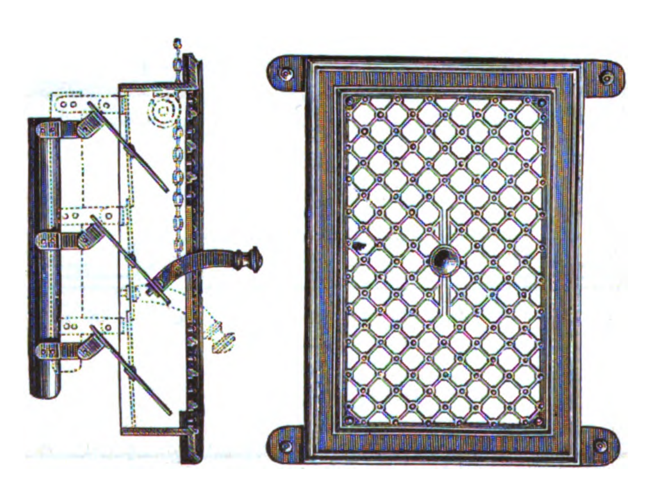
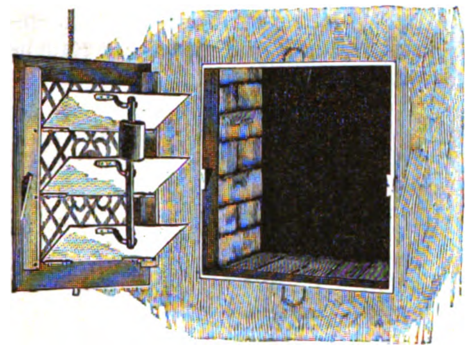


Fig. 41. Jalousieklappe. Fig. 42. Jalousieklappe.

also in Charnieren beweglich oder auch eingehakt (Fig. 43 und 44, Patent Grove), nicht etwa angeschraubt sein, da sonst die Reinigung des Kanals erschwert wird.

Ehe ich die Besprechung der Luftöffnungen in den Zimmern verlasse, will ich noch der dunklen Streifen gedenken, die die Frischluft-



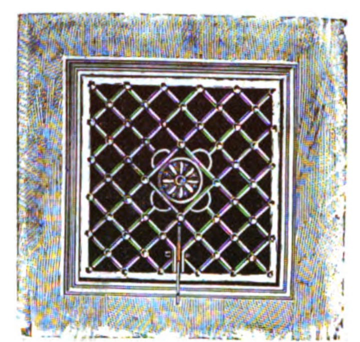


Fig. 43 und Fig. 44.
Lüftungsklappe mit eingehängtem Gitter. Patent Grove.

einströmungen meist verunzieren. Der Laie ist geneigt, dieselben auf das Rauchen der Heizapparate etc. zurückzuführen. Der beste Beweis jedoch, daß diese Annahme irrtümlich ist, gewährt ein Warmwasserheizkörper, an dem nur die Zimmerluft aufsteigt. Hinter bez. über demselben zeigt sich ebenfalls nach kurzem Betriebe in seiner ganzen Breite der dunkle Wandstreifen. Derselbe ist nichts weiter als Luft- bez. Zimmerstaub, der durch die an der Wand verlangsamte Bewegung abgesetzt und dann von dem an der kalten Wand gebildeten Niederschlagswasser festgeklebt wird und festtrocknet. Wenn man die warme Luft durch Leitbleche, die auch dekorativ ausgebildet sein können, über dem Heizkörper von der Wand ablenkt, kann man die Streifen vermeiden. Schwächer treten die dunklen Streifen auf, wenn hinter dem Heizkörper ein schlechter Wärmeleiter, z. B. Tapete, sich befindet.

1) **Hermann Fischer**, *Heizung, Lüftung und Beleuchtung des Theaters und sonstiger Versammlungssäle, Ergänzungsheft zum Handbuch der Architektur, No. 5, Darmstadt* 1894.

h) Abluftleitung.

Ueber die Anordnung der Abluftkanäle ist bereits im Abschnitt „Art und Weise der Lüftung" (S. 266) das Nähere mitgeteilt, und es erübrigt sich hier nur noch, über die Verstärkung der Wirkung der Abluftkanäle zu sprechen. Dieselbe erfolgt:

1) Durch direkte Erwärmung. In mit Gas beleuchteten Sälen sollte man nie verfehlen, die Kronleuchter an den Decken und selbst die einzelnen Wandarme an den Pfeilern zu Lüftungszwecken zu verwenden (Fig. 45) und für direkte Ableitung der Verbrennungsprodukte Sorge zu tragen. Durch den mittleren Schacht *A* (Fig. 46) gehen die Verbrennungsgase und ein geringer Teil der Luft, die größeren Mengen gehen durch den äußeren Schacht *B*. Durch den Schieber *E* ist der Querschnitt von *A* regelbar.

Gas zur Erwärmung der Abluftkanäle ist im allgemeinen zu teuer; es empfiehlt sich jedoch in Aborten, Korridoren u. s. w., wo die Leuchtkraft der Flammen noch ausgenutzt werden kann. Eine zweckmäßige Vorrichtung dafür ist die Laterne von Rietschel (Fig. 47). Die Flamme brennt ruhig, ohne zu flackern, und der Abort wird durch die Glaswand *a* hinlänglich erleuchtet.

2) Durch indirekte Erwärmung. Es werden zwei oder drei Kanäle dicht nebeneinander gelegt und durch gußeiserne Zungen getrennt (Fig. 48 und 49). Durch den mittleren Kanal gehen die Rauchgase und erwärmen so die beiden seitlichen Kanäle.

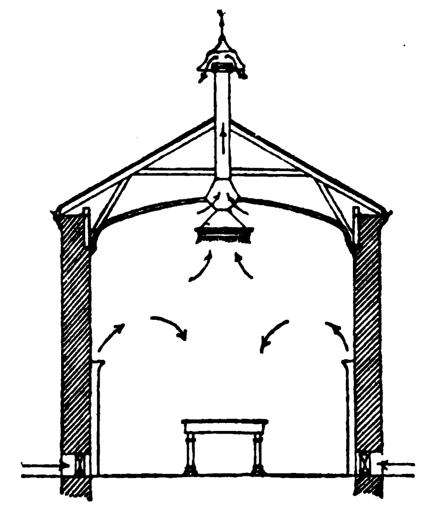


Fig. 45. Benutzung der Kronleuchter zu Lüftungszwecken.

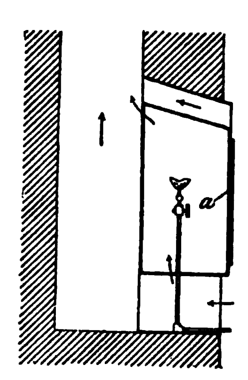


Fig. 47. Erwärmung der Abluftkanäle nach Rietschel.

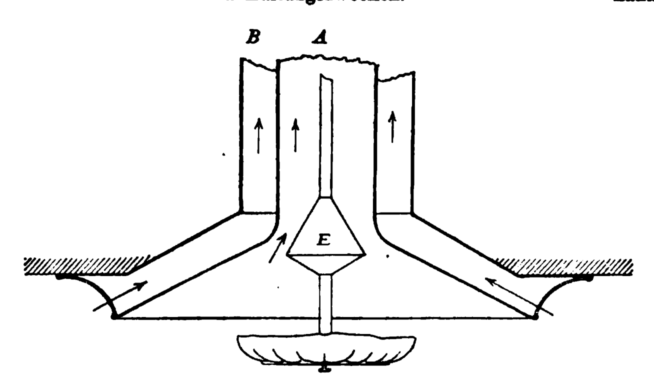


Fig. 46. Ventilation mittels des Kronleuchters.

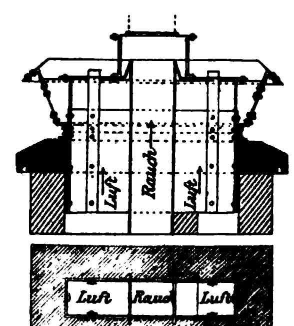


Fig. 48 und 49. Ventilation durch indirekte Erwärmung.

Oefters baut man den Schornstein ganz aus gußeisernen Röhren und legt denselben in den Abluftkanal (Fig. 50 und 51 S. 285).

Da die gußeisernen Rohre jedoch in einigen Jahren verrosten bez. zerfressen werden und teilweise auch springen, so muß man darauf Bedacht nehmen, daß dieselben leicht auszuwechseln sind.

Die Hauptluftkanäle können mit eigenen Feuerungen, sog. Lockfeuerungen versehen werden (Fig. 52).

Von der Centralwasser- oder Dampfheizung abgezweigte Heizkörper als Locköfen anzuwenden, ist nur bei solchen Abzugsschächten ratsam, die nur während der Heizperiode zu arbeiten haben.

3) Durch maschinelle Kraft, Gebläse aller Art (siehe S. 270).

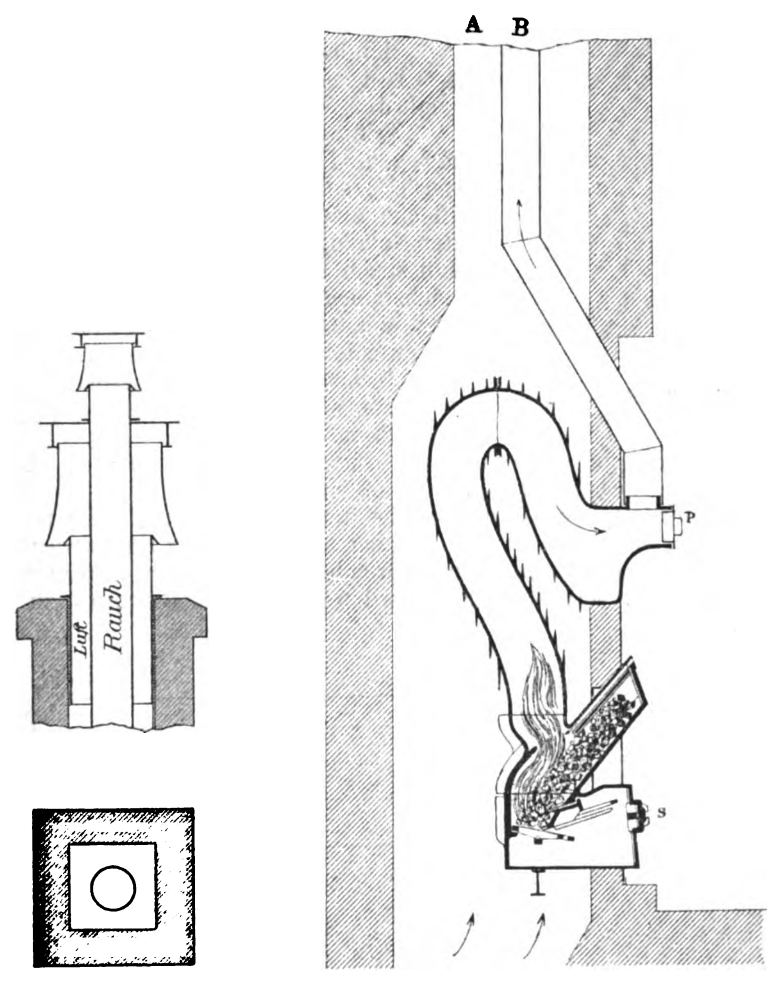


Fig. 50 und 51. Wolpert'sche Windkappe.

Fig. 52. Lockschornstein durch einen Käuferschen Ofen betrieben.

A Abluftsammelkanal, *B* Rauchrohr, *P* Kehrbüchse für den Käuferschen Lockofen, *S* Regelung des Feuers.

4) Durch Ausnützung des Windes. Ist ein Luftstrom gegen die Oeffnung eines gekrümmten Rohres (Fig. 53) gerichtet, so wird derselbe in der Richtung der Krümmung abgeleitet. Die Luft wird also pressend wirken.

Ist die Oeffnung des gebogenen Rohres dem Wind entgegengesetzt,

so wird der vorbeiströmende Wind die Luft aus der Röhre mit sich fortreißen, d. h. saugend wirken.

Man nennt derartige Rohre „Preßköpfe"; sie werden auf Schiffen und Eisenbahnen zur Lüftung verwandt (vergl. dieses Handb. Bd. VI S. 200 und Bd. VIII S. 193).

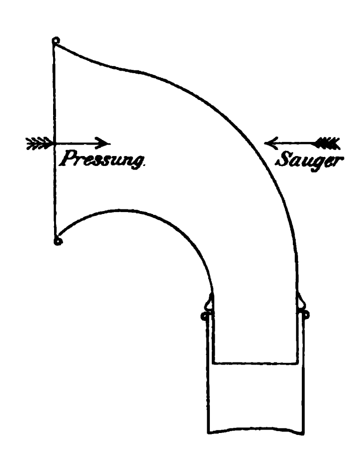


Fig. 53. Preßkopf.

Für Gebäude verwendet man meist feststehende Lufthauben.

Bei der Konstruktion der verschiedenen besseren Lufthauben sind die folgenden Prinzipien verwandt.

Trifft ein Luftstrom eine Ebene oder gebogene Fläche, so prallt derselbe nicht zurück, sondern breitet sich über die Fläche aus und wird somit entsprechend der Neigung der Fläche abgeleitet. Jeder Luftstrom reißt infolge der Reibung die nächstgelegenen Luftteilchen mit sich fort. Die einfachsten und daher am meisten angewendeten Windkappen sind die Wolpert'schen (Fig. 50). Auf größeren Luftschächten sind die Lamellenhauben (Fig. 54) vielfach im Gebrauch.

Ferner sind gut eingeführt die Lufthauben von Käufer & Co. (Fig. 48) und Keidel & Co. (Fig. 55 und 56).

Die Wirkung der Lufthauben ist nur eine geringe, auch ist dieselbe von der jeweiligen Windbewegung abhängig. Ihr Hauptzweck besteht darin, den die Zugrichtung störenden Oberwind in Unterwind zu verwandeln (Fig. 56) und das Eindringen des Regens zu verhindern.

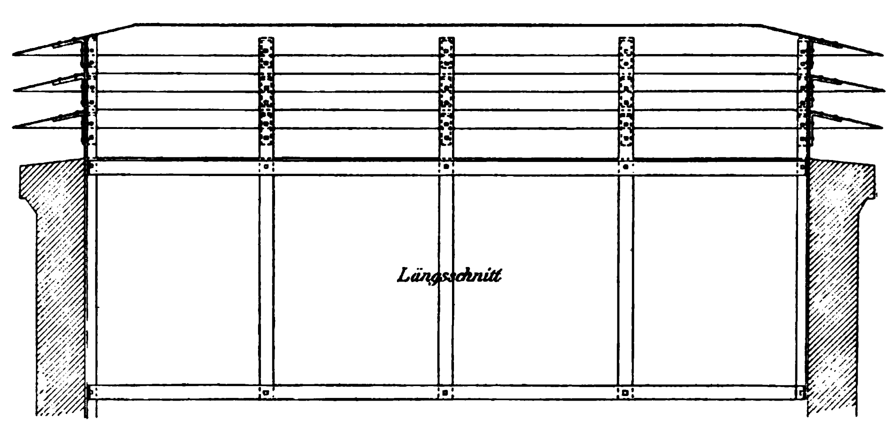


Fig. 54. Lamellenhaube.

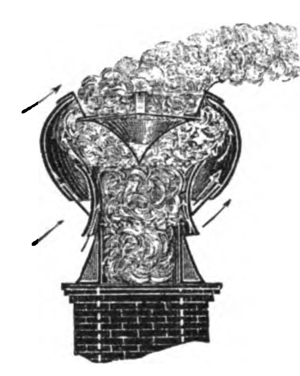
Irrig ist die Annahme, daß die Schornsteinaufsätze ein Umschlagen verhindern können, wenn die Ausmündung in der Nähe einer hohen Wand erfolgt, an der sich der Wind stoßen kann und so Rückstöße und Druckluft über dem zu lüftenden Hause erzeugt.

VI. Prüfung der Lüftungsanlagen.

Die Prüfung der Lüftungsanlagen gliedert sich in die Prüfung der Anordnung und Ausführung der Anlage und zweitens in die der Leistung derselben.

1. Prüfung der Anordnung und Ausführung.

Nachdem man festgestellt hat, daß nicht Düngergruben, Kohlenhaufen oder sonstige Verunreinigungen in der Nähe der Lufteinströmung sich befinden, begeht man, immer den Weg der Luft verfolgend, die Kaltluft-, Filter- und Heizkammer, stets darauf achtend, daß alle Punkte leicht zugänglich, reinigungsfähig und vollkommen dicht gegen



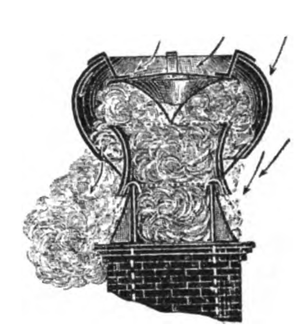


Fig. 55. Fig. 56.
Keidel'sche Windkappe.

Grundwasser, Grund- und Kellerluft hergestellt sind. Bei den Verteilungskanälen der vorgewärmten Frischluft ist besonders bei den Einströmungsverschlüssen in den Räumen auf leichte Freilegung zwecks Einführung der Kanalbürste zu achten.

Im übrigen sei auf den Abschnitt V verwiesen S. 267.

2. Prüfung der Leistung[1].

Die Prüfung erstreckt sich außer auf Luftuntersuchungen auf Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen.

a) Luftuntersuchungen.

Der einfachste Luftprüfer ist die Nase, die uns die feinsten Gerüche verrät. Eine Hauptfehlerquelle der Nase ist, daß sie auf Luft von niederer Temperatur schwächer reagiert als auf solche von höherer Temperatur. Dem Geruchssinn würde also eine kühlere Luft besser erscheinen als eine wärmere von derselben Beschaffenheit.

Dies ist ein Umstand, der bei Klagen, die auf Beobachtungen mittels der Nase beruhen, wohl in Erwägung zu ziehen ist.

Aber selbst bei großer Uebung wird der Geruchssinn, der noch vielen Zufälligkeiten unterworfen ist, nicht diejenige Fertigkeit erlangen, die für genaue Beobachtungen unbedingt notwendig ist.

Als bester und einfachster Anzeiger für den Grad der Verschlechterung der Luft durch den Lebensprozeß der Menschen hat sich die Bestimmung der in der Luft enthaltenen Kohlensäuremenge erwiesen[2]. Man führt dieselbe nach Pettenkofer's Methode aus. Vergl. über dieselbe S. 245 ff. Es sind stets mindestens zwei Luftproben, und zwar an dem günstigsten und ungünstigsten Platz zu entnehmen (vgl. Fig. 60 u. 61 S. 298).

In jedem gelüfteten Raume ist die Luftverteilung sehr verschieden. Durch Sichtbarmachung der Luftbewegung mittelst Schießpulver- oder Wacholderdampf, der in der Heizkammer entwickelt wird, können die Plätze, die von der Luftbewegung nicht berührt werden, leicht ermittelt werden.

Diese Sichtbarmachung der Luftbewegung sollte bei keiner Prüfung der Lüftungsanlage unterbleiben, da durch dieselbe der ganze Lüftungsvorgang und oft manche unerklärliche Zugerscheinungen sogleich deutlich werden.

Auch zwei weitere Versuche sind bei der Beurteilung der Lüftungsanlage nicht zu unterlassen: einmal die Untersuchung der Luft in der Heizkammer bei geschlossener Hauptzuluftklappe und bei vollem Betriebe.

Zeigt sich hier ein höherer CO_2 - Gehalt als in der Außenluft, so ist der Beweis geliefert, daß die unterirdischen Kanäle und die Heizkammer nicht genügend dicht sind, und daß Keller- oder sogar Grundluft durch die Umfassungen eingesaugt wird.

Ebenso wichtig ist zweitens die Untersuchung der Luft eines leeren Zimmers[3] bei verschiedenen Lüftungsarten. Zeigt sich ein höherer CO_2-Gehalt als in der Außenluft, so ist derselbe meist auf die undichten, mit moderndem Füllmaterial ausgefüllten Zwischendecken zurückzuführen. Auf diese Punkte, die doch das Endergebnis sehr beeinflussen, ist in den meisten Luftuntersuchungen fast gar keine Rücksicht genommen.

1) **Wolffhügel**, *Ueber Prüfung von Ventilationsapparaten* (1876).
2) *Vergl. die Litteratur S.* 247 *unter* [2], *ferner* **H. Schulze**, *Prüfung einfacher Methoden der CO_2-Bestimmung, Rostock* (1892).
3) **V. Budde**, *Versuche über Verunreinigungen der Luft in bewohnten Räumen durch undichte Fußböden bei verschiedenen Modalitäten der Lufterneuerung, Zeitschr. für Hygiene*, (1892) 12. *Bd.* 327.

b) Messung der Grösse des Luftwechsels.

Diese geschieht: α) durch CO_2-Bestimmungen, β) durch Anemometer- und γ) durch Manometermessungen.

α) Durch CO_2-Bestimmungen.

Die Größe des Luftwechsels kann aus der Abnahme des Kohlensäuregehaltes[1], d. h. aus zwei Kohlensäurebestimmungen, von denen die eine etwa sogleich nach Verlassen der Klasse durch die Schüler und die andere eine gewisse Zeit nachher vorgenommen wird, berechnet werden.

1) *Vergl. über diese etwas umständliche Methode z. B.* **Lehmann**, *Die Methoden der prakt. Hygiene S.* 130, **Petri**, *Z. f. Hyg* 6. *Bd.* 453 (1889), *ferner* **G. Recknagel**, *Lüftung des Hauses* (1894) 587.

Meist jedoch wird die Größe des Luftwechsels durch Bestimmung der Geschwindigkeit im Zuluft- und Abluftkanal berechnet. Man verwendet zu diesem Zwecke Geschwindigkeitsmesser (Anemometer) oder die manometrische Messung der Luftgeschwindigkeit.

β) Anemometrische Bestimmungen[1].

Fig. 57 stellt das G. Recknagel'sche Anemometer dar.

Das durch die Luft gedrehte Flügelrad aus Glimmerplättchen ist auf einer stählernen Achse befestigt, die in Steinlagern läuft. Die Umdrehungen werden durch eine Schraube ohne Ende auf ein wagrechtes

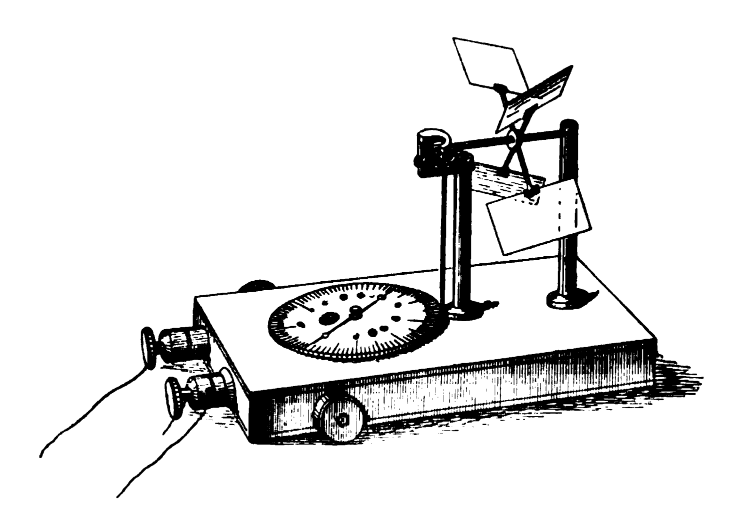


Fig. 57. G. Recknagel's Anemometer.

Zahnrad übertragen, das die Bewegung auf ein unter dem Zifferblatte liegendes größeres Rad überträgt. Die Uebersetzung der Zahnräder ist so eingerichtet, daß eine Umdrehung des großen Zeigers 1000 Umdrehungen des Flügelrades entspricht.

Die Luftgeschwindigkeit pro Sekunde v in m = Metern berechnet sich dann nach der Gleichung:

$$v = a + b\frac{n}{x},$$

wobei a und b Konstante sind, welche von den Dimensionen des Rades und der Winkelstellung seiner Flügel abhängen. a, die Empfindlichkeitskonstante, ist von der Achsenreibung stark beeinflußt. Jedem Anemometer sind die durch Aichung bestimmten Konstanten beigegeben. Ferner bedeutet n die Anzahl der Flügelumdrehungen und x die Dauer des Versuches in Sekunden.

Die in der Stunde geförderte Luftmenge L berechnet sich dann nach der Formel: $L = f.v.3600$, worin f der Querschnitt der Einströmungsöffnung in qm ist.

Zur Erläuterung möge das folgende Zahlenbeispiel dienen:

Der Zeiger des Anemometers stehe zu Beginn der Messung auf 3420, und, nachdem derselbe x = 120 Sekunden der Luftströmung aus-

gesetzt war, sei der Zeiger auf 3900 vorgerückt. Es sind somit $n = 480$ Umdrehungen ausgeführt worden. Die dem Anemometer beigegebenen Konstanten seien $a = 0{,}18$ und $b = 0{,}14$, dann ergiebt sich:

$$v = 0{,}18 + \underbrace{0{,}14 \cdot \frac{480}{120}}_{0{,}56} = 0{,}74 \; m$$

Die Abluftkanalmündung, an welcher die Messung gemacht wurde, ergab $0{,}26 \times 0{,}38 \; m$ oder $f = 0{,}0988$, somit förderte der Kanal $L = 0{,}0988 \cdot 0{,}74, \; 3600 = 263{,}2$ cbm Luft.

1) Combes *Annales des mines* (3) 13. *Bd. No.* 103 (1838); G. Recknagel, *Annalen der Physik und Chemie, Neue Folge* 4. *Bd. No.* 149 (1878) *und Lüftung des Hauses* 603.

γ) Manometrische Bestimmung[1].

Trifft ein Luftstrom eine Platte, so erzeugt derselbe einen Ueberdruck und auf der entgegengesetzten Seite einen Unterdruck.

Nach Recknagel beträgt der Ueberdruck über den Druck (B) der ruhenden Luft von gleicher Dichtigkeit, den ein Luftstrom von der Dichtigkeit s in der Mitte einer senkrecht getroffenen kreisförmigen Platte hervorbringt, $\frac{v^2 s}{2g}$ und der Unterdruck auf der entgegengesetzten Seite $0{,}37 \frac{v^2 s}{2g}$. B ist nicht genau bekannt, jedoch eliminiert sich dasselbe, wenn man die Drucke voneinander subtrahiert:

$$\left(B + \frac{v^2 s}{2g}\right) - \left(B - 0{,}37 \frac{v^2 s}{2g}\right) = 1{,}37 \frac{v^2 s}{2g}.$$

Die Messung läßt sich in der Weise ausführen, daß man gleichzeitig den Ueber- und Unterdruck bestimmt. Man verwendet dazu ein rundes Plättchen von 10—20 mm Durchmesser und 3—4 mm Dicke, das mit zwei Bohrungen, vorn und hinten, versehen ist, die in der Mitte eingehen und am Rande austreten. Von den Randlöchern führen Leitungen zum Manometer.

Das arithmetische Mittel der am Manometer abgelesenen Ausschläge in mm Wassersäule bezeichnet man mit a, dann gilt die Gleichung:

$$a = 1{,}37 \frac{v^2 s}{2g} \text{ oder } v = \sqrt{\frac{2ag}{1{,}37 s}},$$

einfacher:

$$v = 3{,}784 \sqrt{\frac{a}{s}}.$$

Bei der Messung des Luftwechsels empfiehlt es sich die folgenden Bemerkungen zu beachten.

Nimmt man den zu lüftenden Raum als dicht an, so muß durch den Abluftkanal so viel Luft abgehen, wie durch den Zuluftkanal zuströmt.

Durch die Ritzen in den Thüren, Fenstern, Fußböden und durch

die Mauern selbst strömt aber Luft ein oder hinaus. Es sind deshalb die Räume nie als dicht anzunehmen.

Die Luftbewegung in den Kanälen schwankt sehr schnell entsprechend der Beeinflussung durch Temperaturunterschiede, Wind, Bewegung der Thüren u. s. w.

Es empfiehlt sich daher, aus mehreren, in kurzen Zwischenräumen aufgenommenen Versuchen die mittlere Geschwindigkeit zu nehmen.

Die Geschwindigkeit ist an jeder Stelle des Zu- oder Abluftgitters verschieden. Man pflegt deshalb bei Luftgeschwindigkeitsmessungen, um einen Mittelwert zu erhalten, während gleicher Zeiträume das Anemometer an 9—12 verschiedenen Punkten des Gitters der Luftbewegung auszusetzen.

Beruht die Wirkung der Lüftungsanlage nur auf Temperaturdifferenzen, so ist zur Prüfung der Leistungsfähigkeit der Lüftungsanlage ein Tag zu wählen, an dem ungefähr die höchste Außentemperatur herrscht, bis zu welcher die Anlage wirken soll. Gewöhnlich + 5° bis + 10° C.

Bei der Probeheizung ist nur zu prüfen, ob die Heizung zur Vorwärmung der Luft genügt.

Für eine ständige Kontrolle der Luftgeschwindigkeit ist der Ventilationskontrollapparat von H. Recknagel am Platze. Derselbe ermöglicht eine Regulierung der Lüftung und zeigt vor allen Dingen Störungen, wie das Umschlagen der Kanäle, sofort an.

Der Apparat (Fig. 58, S. 292) besteht aus einem Flügel *F*, der in Körnerspitzen bei *K* schwingend der Luftbewegung ausgesetzt wird. Durch das auf der Spindel *G* bewegliche Gewicht *A* kann der Flügel *F* ausbalanciert und für die verschiedenen Geschwindigkeiten eingestellt werden. Der Anschlag *Z* dient zur Einhaltung der geforderten Geschwindigkeit.

Der ganze Apparat wird mittels des Trägers *T* und der Klemmschraube *S* an die Gitter befestigt. Die folgende Fig. 59 zeigt den Apparat in der Ansicht. In Stellung *a* ist der Apparat in Ruhe, bei *c* zeigt er die normale, bei *d* eine zu große und bei *b* eine zu geringe Geschwindigkeit an.

1) G. Recknagel, *Lüftung des Hauses* (1894) 610.

c) Temperaturmessungen.

Es empfiehlt sich, die Temperatur eines Raumes in der Mitte desselben und etwa 1,6 m über Fußboden zu nehmen.

Je gleichmäßiger die Temperatur an allen Stellen des Zimmers, in wagerechter sowohl wie senkrechter Richtung, ist, je besser ist die Lüftung.

Man bestimmt daher zweckmäßig die Temperaturen des Raumes zu gleicher Zeit an 5—6 Plätzen mit 3—4 übereinander hängenden Thermometern.

d) Feuchtigkeitsmessungen.

Ueber die Bauart und Verwendung der Feuchtigkeitsmesser (Hygrometer) sei auf den Abschnitt „Befeuchtung“ S. 274 verwiesen.

Feuchtigkeitsmessungen, welche den Zweck haben, die Wirkung der Befeuchtungsapparate zu prüfen, müssen stets vor Besetzung der Räume vorgenommen werden, da während der Besetzung, selbst wenn

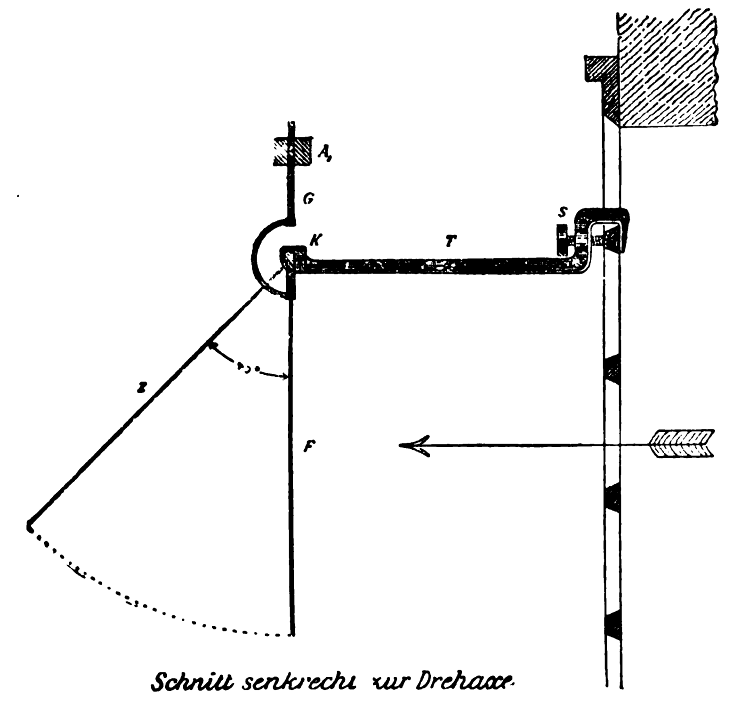


Fig. 58. H. Recknagel's Apparat zur Kontrolle der Ventilation. Schema.

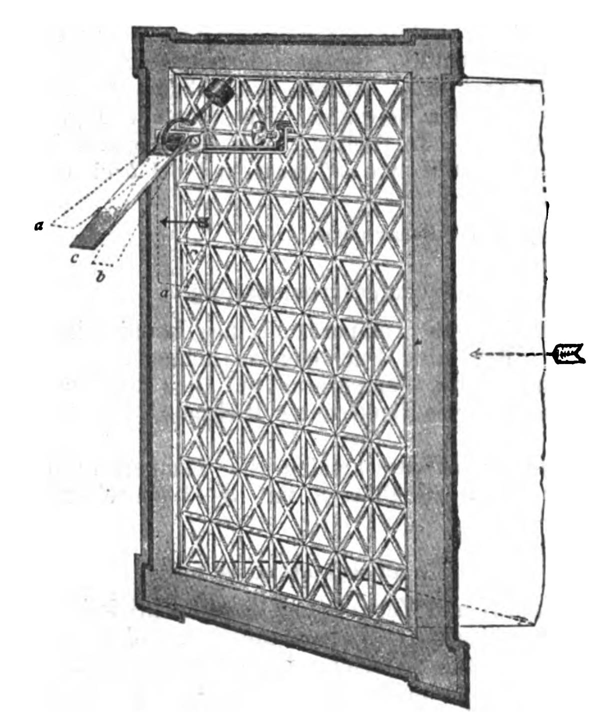


Fig. 59. H. Recknagel's Apparat sur Kontrolle der Ventilation.

die Ventilationsluft relativ wenig Feuchtigkeit enthält, den Personen und Gegenständen die Feuchtigkeit schnell entzogen wird, und so die Luft sich erst im Zimmer befeuchtet.

e) Die Untersuchung des Luftstaubes [1]

ist Sache des Bakteriologen.

1) *Vergl.* K. B. Lehmann, *Die Methoden der Hygiene* (1890) 156, 173, 177.

Heizung *).

I. Allgemeines.

Der Mensch bedarf einer konstanten Bluttemperatur von 39° C. Die durch Strahlung, Leitung und Verdunstung verloren gehende Wärmemenge wird ersetzt durch die Verbrennung der aufgenommenen Nahrung, ferner durch die Muskelthätigkeit, z. B. beim Atmen und durch Muskelarbeit. Diese natürlichen Wärmeregulatoren reichen indessen nicht hin, um dem nackten Körper bei großen atmosphärischen Wärmeschwankungen die normale Körperwärme zu erhalten. Erst durch künstliche Mittel, wie durch die Anlegung schlechter Wärmeleiter, der Kleider, und durch Errichtung einer Wohnung vermag der Mensch sich gegen die starken Schwankungen der Temperatur hinreichend zu schützen. Die Temperaturhöhe der Aufenthaltsräume richtet sich daher nach dem jeweiligen Verhältnis zwischen Wärmeabgabe und Wärmeerzeugung. Ist die Wärmeabgabe größer als der Ersatz, so tritt Frostgefühl, im anderen Falle Hitzegefühl auf.

Der Mensch in Ruhe verlangt eine sehr hohe Temperatur, ebenso der Hagere, wogegen der stark Arbeitende und der Untersetzte bei derselben Temperatur belästigt werden würden. Aus dem soeben Gesagten geht hervor, daß in einem Raume, z. B. in einem Tanzsaale, in welchem viele Menschen von verschiedener Körperkonstitution zusammen sind, von denen die einen ruhen, während sich gleichzeitig die anderen bewegen, eine allen Beteiligten angenehme Temperatur niemals zu erreichen sein wird. Hier kann nur durch verschieden temperierte Nebensäle eine Verbesserung eintreten, während der Heiztechniker bestrebt sein wird, im Hauptsale eine Mitteltemperatur aufrecht zu erhalten.

Der gewöhnliche Wärmemesser, der Thermometer, welcher uns diese Temperatur angiebt, ist im allgemeinen nicht genügend zuverlässig, denn er zeigt nur die Lufttemperatur an, d. h. den Wärmegrad des Mediums, das dem Körper die Wärme vorzüglich durch Leitung entzieht. Nun giebt der Mensch aber nur einen Teil der Wärme durch Leitung, den bei weitem größeren aber durch Strahlung ab. Es hat somit letztere einen beträchtlichen Anteil an der Abkühlung des Körpers.

Die Gegenstände, die wir bestrahlen, und von denen wir wiederum

*) Vergl. die S. 238 angegebene Litteratur.

bestrahlt werden, sind die uns umgebenden Flächen und Gegenstände, wie Mauern, Decke, Fußboden, Ofenkörper, Mobiliar, Mitinsassen etc.

Den stärksten Temperaturschwankungen sind die Außenmauern unterworfen, und zwar um so größeren, je dünner sie sind. Im Sommer steigt die Oberflächentemperatur durch Sonnenstrahlung oft bis 40 und 50° C. Diese Wärme wird in der Mauer weiter geleitet. Die folgende Tabelle [1] giebt uns einen lehrreichen Ueberblick über die Maxima der erreichten Temperaturen und über die Zeit, wann dieselben erreicht wurden.

	Bei einer Wandstärke von 15 cm		Bei einer Wandstärke von 50 cm	
	Temperaturgrad	Zeit	Temperaturgrad	Zeit
Nordwand	20°	—	20°	—
Südwand	23°	6 Uhr nachm.	21°	1 Uhr früh
Ostwand	28,5°	8 Uhr nachm.	23°	9 Uhr abends
Westwand	30°	9 Uhr nachm.	24°	8 Uhr früh

„Die Ost- und Westwände zeigen also auch bei bedeutender Wandstärke an den Innenflächen noch eine Erhöhung um 3° und 4° über die Temperatur der unbestrahlten Wände, und die höchste Erwärmung der Innenräume durch die Ostwand findet von 7—11 Uhr abends, durch die Westwand von 1—5 Uhr früh statt."

So nachteilig diese Bestrahlung im Hochsommer ist, so angenehm ist sie im Winter. In der Nacht, besonders bei sternenklarem Himmel, geben die Außenmauern die Wärme wieder stark ab. Ist im Sommer die Ausstrahlung der Wärme das beste Abkühlungsmittel, so werden dagegen im Winter die Räume oft bis weit unter 0° abgekühlt.

Die Innenmauern nehmen an diesen Temperaturschwankungen nur geringen Anteil, was bei starker Abkühlung der Außenmauer noch fühlbarer wird, da die Personen nach der Außenmauer hin jetzt sehr stark ausstrahlen, also einseitig abkühlen. Die Meisten schreiben diese einseitige Abkühlung irrtümlich nur der stärkeren Luftbewegung an den Außenmauern zu. Durch Zwischenschaltung eines schlechten Wärmeleiters zwischen Mensch und kalter Wand, z. B. eines Brettes oder einer Decke, kann die Ausstrahlung nach der Außenwand hin fast gänzlich aufgehoben werden. Es ist kaum zweifelhaft, daß diese einseitige Abkühlung Erkältungskrankheiten verursacht.

Diesen Temperaturgefällen in der Mauer und dem langsamen Ansteigen der Temperatur der Mauermassen ist es zuzuschreiben, daß der Mensch in solchen Räumen, die einige Tage nicht benutzt waren und schnell angeheizt wurden, Frostgefühl empfindet, obgleich die Luft bereits eine angenehme Temperatur von 20° C. und darüber besitzt. Diese Erscheinung ist bei Luftheizungen besonders oft zu beobachten. In einem gut durchwärmten Zimmer werden niedrige Lufttemperaturen selbst von den verweichlichsten Personen sehr angenehm empfunden. Auf diesen Grundlagen beruhen die von Em. Trélat [2] aufgestellten Sätze:

1) Die Oberflächen der uns umgebenden Behausung müssen eine solche Temperatur haben, daß die von ihnen ausströmenden Wärmestrahlen mit der physiologischen Körpertemperatur übereinstimmen.

2) Die innere Atmosphäre soll auf einer niedrigen Temperatur erhalten werden, damit die Atmung mit der geringsten Lungenarbeit bewerkstelligt werden könne.

Leider werden vielfach Säle, Schulzimmer etc. aus schlecht angebrachter Sparsamkeit oder aus Unkenntnis oft erst kurz vor der Benutzung angeheizt. Dann wird, wenn die Räume benutzt werden sollen, obgleich die vorgeschriebene Lufttemperatur erreicht ist, in ihnen eine unangenehme Kühle herrschen, und die Insassen müssen durch ihre Eigenwärme erst mithelfen, die kalten, umgebenden Massen zu erwärmen, sodaß der Aufenthalt meist erst ein angenehmer wird, wenn die Räume nach einigen Stunden wieder verlassen werden sollen.

Bringt man aber, um das Frostgefühl zu verhindern, durch schnelles Anheizen die Temperatur der Räume gar auf 23—25°, so empfindet man in solchen gleichwohl das Gefühl das Frostes, weil die Luft zwar warm, die Wände aber kalt geblieben sind. Dann ist ein Zustand gegeben, der dem oben aufgestellten Grundsatze von Trélat gerade entgegenläuft, nämlich warme Atmungsluft bei kalten Wänden, während mit demselben Kohlenaufwande bei früherem Beginn der Heizung der Raum bereits bei Beginn der Benutzung behaglich sein und bis an das Ende bei mäßigem Weiterheizen behaglich erhalten werden könnte.

Aus der vorhergehenden Erörterung ergiebt sich, daß eine Normaltemperatur für alle Fälle nicht einzuhalten ist. Jeder Mensch wird, wie bereits erörtert, seiner Beschaffenheit und seiner jeweiligen Thätigkeit entsprechend eine andere Temperatur wünschen.

Jedoch kann für jeden Raum, in Erwägung seiner Verwendung, eine mittlere beste Normaltemperatur vorgeschrieben und eingehalten werden.

Diese Normaltemperaturen wiederum verstehen sich für vollkommen durchgewärmte Räume mit entsprechend relativem Feuchtigkeitsgehalt, in Kopfhöhe des Raumes gemessen.

Die preußische Regierung[3] schreibt die folgenden Normaltemperaturen vor:

für Krankenzimmer	22° C.
„ Geschäfts-Wohnräume	20° C.
„ Säle, Auditorien, Hafträume sowie Einzelschlafzellen für Gefangene	18° C.
„ Sammlungs- und Ausstellungsräume, Flure, Gänge und Treppenhäuser, je nach ihrer Benutzung und dem auf ihnen stattfindenden Verkehr	12—18° C.

Hafträume, welche lediglich zum gemeinschaftlichen Schlafen der Gefangenen dienen, bleiben ungeheizt.

Die Temperatur soll aber auch möglichst gleichmäßig in allen Teilen des Raumes, besonders zwischen Fußboden und Kopfhöhe sein und während der Zeit der Benutzung gleichmäßig bleiben. Es ist sogar zu erstreben, daß die Temperatur am Fußboden höher ist wie an der Decke.

Der obigen Forderung gleichmäßiger Temperatur kann Genüge gethan werden, erstens durch kräftige Lüftung, ferner durch Anordnung der Heizfläche in der Nähe des Fußbodens und möglichste Verteilung derselben über den ganzen Raum (Fußbodenheizung), besonders aber durch Erwärmen der Mauern etc. bei gleichmäßigem ununterbrochenen Betriebe.

Räume mit Doppelfenstern und mit kleinen Abkühlungsflächen können 1—2 Stunden, nachdem die geforderte Temperatur erreicht ist, in Benutzung genommen werden.

Im Winter wird es in der Außenluft während des Tages um mehrere Grade wärmer oder kälter. Ein plötzlich sich erhebender, kalter Wind kühlt die Räume stark aus, die Sonne wärmt dieselben wiederum schnell an. Die Wärmeabgabe der Räume schwankt daher in kurzen Zwischenräumen sehr beträchtlich. Aus diesem Grunde muß eine Heizeinrichtung regulierfähig sein und sich den Bedürfnissen schnell anschmiegen können.

In Versammlungssälen bedarf es oft, wenn dieselben einmal angeheizt sind, bei Menschenansammlungen der Wärmezufuhr überhaupt nicht. Dann muß die Wärmezufuhr schnell und vollkommen abgestellt werden können.

Die leichte Regulierfähigkeit einer Heizung fällt bei der Wahl des Heizsystems oft schwer ins Gewicht. Wie diese Regelung zu erreichen ist, wird bei Besprechung der einzelnen Heizungsarten und in dem Abschnitt „Regelung“ genauer geschildert werden.

1) **Flügge**, *Grundriss d. Hygiene*, 3. *Aufl.* (1894) 340.
2) **Em. Trélat**, *Wiener med. Presse* 1889, 1466.
3) **Rietschel**, *Leitfaden*, 288.

II. Wärmeverlust bewohnter Räume.

Wie schon oben erwähnt wurde, dient die Wohnung zur Unterstützung der Regulierung der Körperwärme. Um nun diese so wichtige Aufgabe zu erfüllen, muß die Wohnung entsprechend den Schwankungen der Außenluft gewärmt bez. gekühlt werden. Denn das Gebäude giebt an die Umgebung durch Strahlung und Leitung so lange Wärme ab, bis es die Temperatur der Umgebung erlangt hat.

Die Kühlung ist S. 270 bereits kurz besprochen; deshalb sei im Folgenden nur von der Erwärmung die Rede.

Die Menge der stündlich im Raume zu erzeugenden Wärme richtet sich hauptsächlich nach Außentemperatur, Windstärke, Größe und Beschaffenheit der wärmeabgebenden Flächen.

Für die verschiedenen Arten der Umfassung, wie Mauern, Fenster, Decken etc., hat man die durch 1 qm Fläche bei 1° Temperaturdifferenz stündlich übergehende Wärmemenge ermittelt und nennt diese Zahlen die Transmissionskoefficienten[1].

Die Wärmemenge, die dann durch eine beliebig große Fläche bei einem gegebenen Temperaturunterschied entweicht, wird ausgedrückt durch die Formel:

$$W = FK(t - t_0)$$

worin F die wärmeüberführende Fläche, K den betreffenden, soeben erwähnten Koefficienten und $(t - t_0)$ die Temperaturdifferenz der Innenluft gegen die Außenluft bedeutet.

Die Wärmeverlustberechnungen werden in Nord- und Mitteldeutschland gewöhnlich für eine Außentemperatur von $t_0 = -20°$ C. durchgeführt.

Ueber die Innentemperatur siehe oben S. 295.

Die Summe der Wärmeverluste der einzelnen umschließenden Flächen eines Raumes, wie Wände, Thüren u. s. w., ist sein Gesamtwärmeverlust.

Die wichtigsten Transmissionskoefficienten (K) sind[2]

Stärke des Ziegelmauerwerkes in cm	12	25	38	51	64	77
Backsteinaufsenwand $K =$	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8 W.E.*)
Backsteininnenwand $K =$	2,2	1,6	1,2	1,0	0,9	0,7 „

Bei Quaderverblendung ist für die gleiche Gesamtwandstärke den vorstehenden Außenwandwerten ein Zuschlag von 15 Proz. hinzuzurechnen.

Fernere Koefficienten sind für Drahtputzwände 2,4—3,0 W. E.

Für Balkenlagen mit halbem Windelboden

als Fufsboden	0,35	W.E.
„ Decke	0,50	„
für Gewölbe mit massivem Fufsboden	1,00	„
„ einfache Fenster	5.10	„
„ doppelte Fenster	2,30	„
„ Thüren	2,00	„

Anzunehmende Wärmegrade für Nebenräume.

Für ungeheizte, bz. nicht täglich geheizte, abgeschlossene Räume im Keller und in den übrigen Geschossen ist 0° C. und für ungeheizte, öfters von der Außenluft bestrichene Räume, wie Durchfahrten, Vorhallen etc. — 5° C., für Dachboden bei Schieferdächern — 10° C., Ziegeln etc. — 5° C. anzunehmen.

Für Außenmauern und Fenster, die nach Norden und Osten gelegen sind, werden noch 10—15 Proz. der berechneten W.E. zugeschlagen; den herschenden Winden wird durch Zuschläge auf die demselben ausgesetzten Flächen Rechnung getragen.

Ferner muß die Unterbrechung des Heizbetriebes[3] je nach der Dauer derselben genügend berücksichtigt werden.

Soll mit der Heizung eine Lüftungsanlage vereinigt werden, so muß auch die für die Vorwärmung der Luft auf Zimmertemperatur notwendige Wärme durch die Heizung erzeugt werden (Berechn. S. 340).

Die Wärmeverlustberechnung ist für die Größe

*) Als Wärmeeinheit (W.E.) (Calorie) bezeichnet man diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um die Wärme eines Liter Wassers um 1 Proz. zu erhöhen.

der einzurichtenden Heizanlage die Grundlage, sie giebt den Wärmebedarf, die erforderliche Leistungsfähigkeit an.

Man sollte daher bei keiner Heizanlage, selbst nicht der kleinsten, unterlassen, diese Rechnung durchzuführen.

Die Methode der Wärmeverlust-Berechnung, wie sie von Töpfern und kleineren Firmen leider noch gehandhabt wird, nämlich den Ofen einfach nach dem Kubikinhalt des zu heizenden Raumes zu bestimmen und dann im höchsten Falle nach Belieben für Eckzimmer einen Zuschlag zu machen, giebt zu großen Unzuträglichkeiten Veranlassung. Denn in einem und demselben Gebäude können zwei Zimmer (Fig. 60 und 61) von je 200 cbm Inhalt folgende verschiedene Wärmemengen abgeben, wie die folgende Rechnung zeigt.

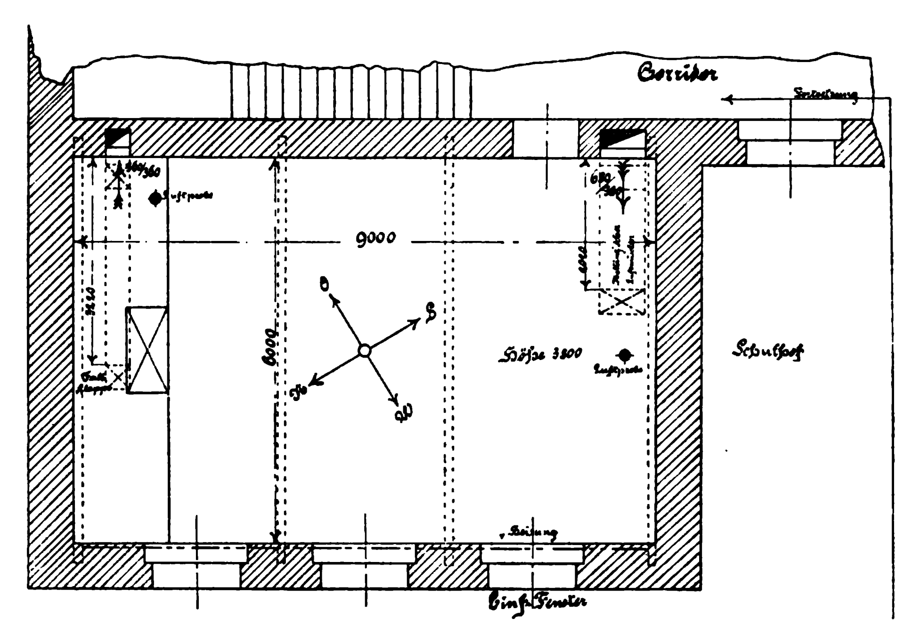


Fig. 60. Kaltes Eckzimmer, darüber Boden, darunter Sammlungszimmer.

(Siehe Tabelle S. 299.)

Für Räume, die allmorgendlich angeheizt werden, giebt Rietschel*) zur Berechnung des Zuschlages (A) die Formel an:

$$A = \frac{0{,}0625\ (n - 1)\ W_1}{Z}.$$

Hierin bedeutet W_1 die stündliche im Beharrungszustande durch Transmission der Außenwände und Fenster eines Raumes verloren gehende Wärmemenge, n die Zeit von Beendigung der täglichen Benutzung des Raumes bis zum Beginn des Anheizens, Z die Anheizungsdauer in Stunden.

Bei Klasse Fig. 60 ist: $W_1 = 4731$, $n = 12$ Stunden, von abends 6 Uhr bis morgens 6 Uhr, $Z = 2$ Stunden, von 6 Uhr früh bis 8 Uhr.

Fortsetzung S. 300.

*) Leitfaden a. a. O. 120.

Raumzahl	Temperatur-unterschied	Steinstärke cm	Bezeichnung der Flächen *)	Abmessungen der Flächen	Flächen in qm	Koeffizient	W. E.	Wetter-zuschläge O. = 20 Proz. S., W., N. = 15 Proz.
Klasse Fig. 60	40°	77	A. W.	9,75 [1]) · 4,1 [2]) — 3 E. F. (Westen)	30,74	0,80	983	147
	"		E. F.	1,4 . 2,2 . 3 (Westen)	9,24	5,1	1885	282
	"	77	A. W.	6,5 · 4,1 (Norden)	26,7	0,80	854	128
	"	77	A. W.	6,5 . 4,1 (Süden)	26,7	0,80	854	128
	5°	64	I. W.	9,0 · 4,1 — Th.	34,5	0,9	115	
							4731	—
	"		Th.	1,1 . 2,2	2,40	2,0	24	—
	10°		F. B.	9,0 . 6,0	54,0	0,35	189	—
	25°		D.	9,0 . 6,0	54,0	0,50	675	—
							5619	685
						+	685	
							6304	
Klasse Fig. 61	40°	77	A. W.	9,40 [1]) · 4,1—3 D. F. (Osten)	29,36	0,80	940	141
	"		D. F.	(1,4 . 2,2) 3	9,24	5,1	1885	282
							2825	
	5°	64	I. W.	9,0 . 4,1 — E. Th.	34,5	0,9	155	—
	"		Th.	1,1 2,2	2,4	2,0	24	—
							3004	423
						+	423	
							3427	

*) A. W. Aufsenwand, I. W. Innenwand, E. F. einfache Fenster, D. F. doppelte Fenster, Th. Thür, F. B. Fufsboden, D. Decke.

1) Bei den Aufsenwänden kommt zu dem Lichtmaß des Zimmers noch je $1/2$ Seitenwand.

2) Die Höhe wird von Oberkante zu Oberkante Fufsboden gemessen.

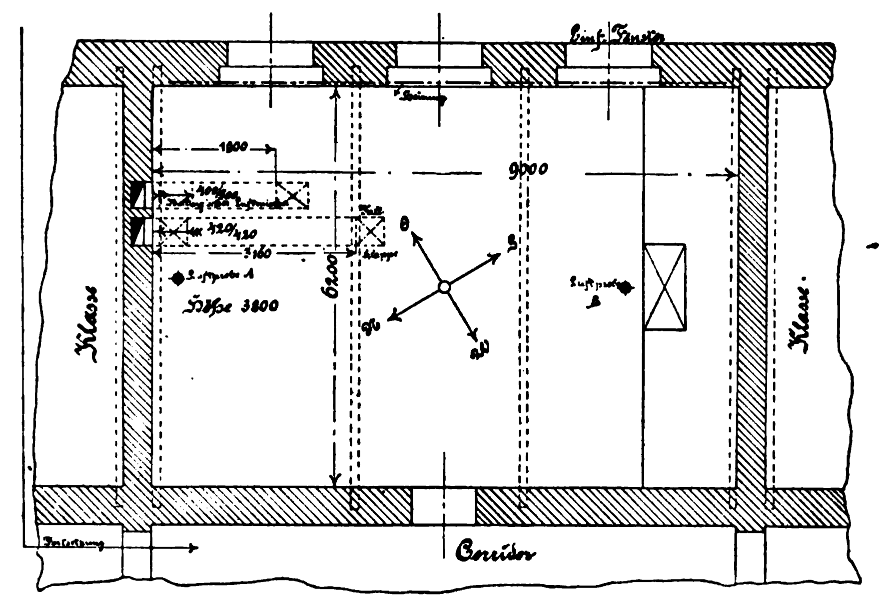


Fig. 61. Eingebautes Zimmer, darüber und darunter Klasse.

Diese Werte in die obige Gleichung eingesetzt, giebt:

$$A = \frac{0{,}0625\,(12-1)\,4731}{2} = 1626 \text{ W. E.}$$

Bei Klasse Fig. 61 ist: $W_1 = 2825$, $n = 12$, $Z = 2$, dann ist

$$A = \frac{0{,}0625\,(12-1)\,2825}{2} = 972 \text{ W. E.}$$

Somit hat der Ofen der Klasse Fig. 60:

$$\begin{array}{r} 6304 \\ +\ 1626 \\ \hline 7930 \end{array} \text{ W. E.}$$

in der Stunde zu leisten und der Ofen der Klasse Fig. 61 nur

$$\begin{array}{r} 3427 \\ +\ 972 \\ \hline 4399 \end{array} \text{ W. E.}$$

Wählt man zur Beheizung einen eisernen Schüttofen mit glatter Heizfläche, so giebt 1 qm Heizfläche etwa 2000 W. E. ab.

Es erhält somit Klasse Fig. 60 einen Ofen von

$$\frac{7930}{2000} = 4 \text{ qm}$$

und Klasse Fig. 61 einen Ofen von

$$\frac{4399}{2000} = 2{,}2 \text{ qm.}$$

Infolgedessen muß man anstatt gleich großer Oefen, wie sie die Berechnung nach dem Rauminhalt ergeben hätte, die nebenberechneten verschieden großen Oefen aufstellen, um eine allseitig gute Erwärmung bei gleichmäßigem Betriebe zu erhalten.

Dieses Beispiel zeigt, wie eine ungenaue Rechnung sicher dahin führen muß, daß Zimmer mit einfachen Fenstern und großen Abkühlungsflächen bei einigermaßen strenger Kälte nicht warm werden können. Man pflegt dann seltsamerweise meist, anstatt den zu kleinen Ofen verantwortlich zu machen, nur zu sagen: „Das Zimmer heizt sich schwer" *).

1) *Vorschriften zur Herstellung und Unterhaltung von Centralheizungs- und Lüftungsanlagen in den unter Staatsverwaltung stehenden Gebäuden Preußens*, Berlin 1893; *vergl. auch* F. H. Haase, *Die Heizanlagen, I. Teil: Der zum Heizen von Räumen nötige Wärmeaufwand.*

2) Rietschel, *Leitfaden, II. T.* 14.

3) Rietschel, *a. a. O.* 119; F. H. Haase, *a. a. O.* 126—139.

III. Wärmeersatz durch Heizung.

Die vorstehend berechnete durch Strahlung und Leitung verloren gehende Wärme muß in den Räumen durch Heizung wieder ersetzt werden.

Die Wärme wird entwickelt durch den Verbrennungsprozeß in geeigneten Feuerstätten und in neuerer Zeit auch durch Elektricität.

*) Wenn die Bauunternehmer stets, selbst bei gewöhnlichen Kachelöfen, eine Wärmeverlustberechnung einforderten, so würden sie sich viel Geld und dem späteren Besitzer manche Unannehmlichkeiten durch zu warme oder zu kalte Räume ersparen.

Die Verbrennung besteht in der chemischen Vereinigung eines brennbaren Körpers — des Brennmaterials — mit Sauerstoff. Bei der Verbrennung wird unter Lichterscheinung und Flammenbildung eine bestimmte Wärmemenge entwickelt, welche in Oefen und Kesseln zur Erwärmung der Räume nutzbar gemacht wird.

a) Die Brennmaterialien.

Für Heizzwecke kommen als Brennmaterialien in Betracht: Steinkohle, Braunkohle, Koks, Torf, Holz, Leuchtgas, Wasser- und Generatorgas.

Der zur Verbrennung nötige Sauerstoff wird der atmosphärischen Luft entnommen, welche aus 23 Gewichtsprozent Sauerstoff und 77 Gewichtsprozent Stickstoff besteht.

Die bei der Verbrennung sich bildenden Verbrennungsgase[1] bestehen im wesentlichen aus Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff.

Die von der Kohle bei der Verbrennung zu leistende Wärmemenge nennt man den Brennwert derselben. Man unterscheidet zwischen theoretischem und praktischem Brennwert.

Der theoretische Brennwert ist diejenige Wärmemenge, welche die Kohle bei vollkommener Verbrennung liefern würde. Dieselbe läßt sich berechnen aus der Analyse der Kohlen oder experimentell im Kalorimeter durch Verbrennung[2] bestimmen.

In der nachstehenden Tabelle sind einige einschlägige Zahlen zusammengestellt[3] (siehe Tabelle S. 302).

Dieser theoretische Brennwert kann selbstverständlich in unseren Feuerungsanlagen nie nutzbar gemacht werden, da die unten näher bezeichneten unvermeidlichen Verluste bei jeder Anlage auftreten.

Der erreichbare Nutzeffekt, also der praktische Brennwert, beträgt je nach der Güte der Anlage und des Betriebes nur 10—70 Proz. des theoretischen.

Diese soeben erwähnten unvermeidlichen Verluste sind:

1) die Zuführung einer größeren Luftmenge, als theoretisch zur Verbrennung erforderlich ist. Denn mit der theoretischen Luftmenge wird wegen der unvollkommenen und ungleichmäßigen Mischung und Berührung nicht der beste Nutzeffekt erzielt. Dieser Luftüberschuß muß aber ebenfalls auf Schornsteintemperatur erwärmt werden.

2) Das Entweichen der Verbrennungsgase mit hoher Temperatur wegen des nötigen Schornsteinzuges.

3) Die unvollkommene Verbrennung des Brennmaterials, welcher Verlust bedingt wird durch Entweichen von brennbaren Gasen und durch Bildung von Ruß und Flugasche.

4) Durch unverbrannt durch den Rost fallende Kohlenteilchen.

5) Der Verlust durch Wärmeleitung und Strahlung. Jedoch kann derselbe nur bei Kesseln als Verlust berechnet werden, nicht aber bei Lokalheizungen, wo die Heizwirkung gerade in Strahlung und Leitung der Oberfläche beruht.

Diese Verluste auf ein Minimum zu bringen, ist das Bestreben der Technik bei der Konstruktion und der Bedienung der Feuerungsanlagen.

Brennmateriale	Bestandteile					Heizwert in W. E.	Luftmenge in		Temperatur der Verbrennungsgase bei		Menge der verbr. Gase bei theoret. Luftmenge und 760 mm Druck reduziert auf		Nutzbare Verdampffähigkeit von 1 kg Kohle in 1 kg Wasser
	Kohlenstoff C	Wasserstoff H	Wasser gebunden chem.	Wasser gebunden mech.	Asche		theoret. kg	norm. kg	theoret. Luftmenge	norm. Luftmenge	0°	300°	
									° C.	° C.	mm	mm	
Holz, lufttrocken . . .	0,394	0,051	0,40	0,195	0,015	2731	4.52	9,0	1615	963	4,201	8.826	3,0—3,5
„ vollständ. trocken	0,493	0,063	0,444	—	0,015	4000	4,52	12,0	1870	1010	—	—	—
Braunkohle, lufttrocken.	0,5	0,015	0,205	0,20	0,08	4176	6,32	12,0	—	—	5,449	11,448	3,5—6,0
Steinkohle, beste . . .	0,8	0,04	0,9	0,03	0,03	7483	10,67	21,0	2350	1200	8,431	17,713	7,5—9,0
„ gute . . .	0,8	0,04	0,9	0,03	0,01	6800	10,67	21,0	2350	1200	8,206	17,241	6,0—7,5
„ mittlere . .	0,8	0,04	0,9	0,03	0,02	5410	10,67	21,0	2350	1200	7,435	15,621	4,0—6,0
Koks	0,87	0,005	0,015	0,05	0,06	7065	10,26	21,0	2180	1130	8,043	16,898	—

b) Die Rauchplage.

Aber nicht allein auf möglichste Ausnutzung des Brennwertes der Kohlen soll man sehen, sondern auch vor allem auf möglichste Verminderung der Belästigung durch gesundheitsschädliche Verbrennungsprodukte. Diese Tendenz kommt vorzüglich in dem Versuche zur Geltung, sogenannte rauchverzehrende Feuerungsanlagen zu konstruieren.

Das Prinzip der Rauchverzehrung (Rauchverbrennung) beruht meist auf der Führung der frisch entwickelten Rauchgase über glühende Flächen oder durch die Flammen und nochmaliger möglichst inniger Mischung mit vorgewärmter Luft.

Vollkommen rauchlos verbrennen die Gasfeuerungen.

Die starke Rauchbildung wird mehr und mehr, besonders in großen Städten unangenehm empfunden, denn nicht genug, daß die Bestandteile des Rauches, die Rußteilchen, in kurzer Zeit die Außenseiten der Häuser schwärzen und verunstalten, sie dringen auch in die Zimmer selbst ein und lagern sich dort ab.

Diese Luftverunreinigung bringt gesundheitliche Schädigung auch insofern mit sich, als der Mensch nicht so leicht und so tief atmet, wie in freier, reiner Luft. Dies empfindet man am auffälligsten bei der Annäherung an eine große Stadt: die Luft widersteht uns, sie ist schwer und legt sich — wie man es ausdrückt — auf die Lungen.

Ferner wird durch die Rauchpartikelchen die Nebelbildung begünstigt, weil sich auf den in der Atmosphäre schwebenden Rußteilchen Wasserdampf niederschlägt. Infolge der Nebelbildung nimmt aber in den Städten die Zahl der Tage mit hellem Sonnenscheine ab. Daher haben die Behörden — und zwar zuerst wohl in England – ihre Aufmerksamkeit mit vollem Rechte der Regelung der Rauchfrage zugewandt. Zwar ist diese Frage noch nicht bis in alle Einzelheiten gelöst, doch lassen sich ihre Schädlichkeiten bereits auf ein Minimum reduzieren.

Neben der Belästigung durch den Rauch und Ruß verdienen auch die in den Rauchgasen enthaltenen schwefelige Säure und Salzsäure*) besondere Aufmerksamkeit, weil sie die Pflanzen zum Absterben bringen und die Wäsche ansäuern[4]. Diesen Uebelständen sucht man durch Rauchwaschtürme mit angenäßtem Koks gefüllt, durch welche die Rauchgase mittels Ventilatoren gedrückt werden, abzuhelfen[5].

Außer diesen maschinellen Anlagen spielt aber bei der Rauchverhütung kein anderer Umstand eine größere Rolle als ein tüchtiger Heizer. Deshalb ist besonderer Nachdruck auf eine gute Ausbildung derselben zu legen.

Wenn nun schon Kesselheizer bei der Ausübung ihres speciellen

---

*) wie aus nachstehenden Analysen hervorgeht:

1 kg Steinkohle bestehend aus		ergab Rauchgase in cbm.	
80 Proz.	Kohlenstoff	1,483 cbm	Kohlensäure
4 „	Wasserstoff	0,494 „	Sauerstoff
8 „	Sauerstoff	7,909 „	Stickstoff
3 „	Schwefel	0,014 „	Schwefligsäure (SO_2)
5 „	Wasser	0,000 „	Methan (CH_4)
100 Proz.		0,705 „	Wasserdampf
		10,605 cbm	

Berufes so schwer an eine richtige und rauchfreie Verbrennung der Kohlen bei bester und zweckmäßigster Anlage der Kesselfeuerung zu gewöhnen sind, kann man sich da wundern, daß die häuslichen Feuerungen mit so geringem Verständnis bedient werden?

Der meiste Rauch strömt ja auch bekanntlich aus den zahllosen Küchen- und Zimmerofenschornsteinen, und nach statistischen Ermittelungen in Zürich, Basel, Hannover etc. lassen die Haushaltungsschornsteine etwa 100mal so viel Rauch ausströmen, wie die Kesselschornsteine und sonstige industrielle Anlagen.

Zur Vermeidung der Rauchplage durch die häuslichen Feuerungen haben in lobenswerter Weise einige Stadtbehörden wie die von Chemnitz[7] und andere an alle Hauswirtschaften Anweisungen zur Beschickung der Feuerungen ergehen lassen, und auch einige Schuldirektoren unterweisen die Kinder, besonders die Mädchen der obersten Klassen in der richtigen Bedienung der Feuerungsanlagen.

1) **Grashof**, *Theoretische Maschinenlehre*, 1. *Bd. Leipzig* 1875; **Ferd. Fischer**, *Chemische Technologie der Brennstoffe.*

2) **Pringer**, *Die Lehre von den Brennmaterialien, Jena* 1883; **Schlippe**, *Der Dampfkesselbetrieb*, 1893; **Ferd. Fischer**, *Handb. d. chem. Techn.* 13. *Aufl.* 12; **Schwackhöfer**, *Wien* 1893.

3) **Fanderlik**, *Lüftung und Heizung*, *Wien* 1887, 80.

4) **Julius von Schroeder und Karl Reuſs**, *Die Schädigung der Vegetation durch Rauch.*

5) *Rauchverhütung*, *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* (1893) 914.

6) **Ferd. Fischer**, *Feuerungsanlagen* (1889), 11.

7) *Ratschläge zur Erziehung eines möglichst sparsamen und zugleich rauch- und ruſslosen Betriebes der Stuben- und Küchenfeuerungen des Chemnitzer Rats vom* 30. *Oktober* 1891; *Ges.-Ing.* (1893) 22.

IV. Feuerungsanlage.

Die Feuerungsanlage bezweckt dem Brennstoffe Gelegenheit zu geben, unter inniger Mischung mit Luft zu verbrennen und seine latente Wärme zu entwickeln, um diese dann durch Strahlung und Leitung nutzbar abzugeben.

Jede Feuerungsanlage besteht im wesentlichen aus 3 Teilen:

1) aus dem Wärmeentwickeler, dem Feuerraum, woselbst das Brennmaterial gelagert wird und die Verbrennung stattfindet;

2) aus dem Wärmeverwender, den Rauchkanälen oder Zügen, woselbst die heißen Gase ihre Wärme zur Erwärmung von Kacheln, Eisenrohren und Kesseln nutzbar abgeben.

3) Aus dem Zugerzeuger, dem Schornstein oder Ventilator, der die innige Mischung der atmosphärischen Luft mit der Kohle und die Abführung der Rauchgase bewirkt.

a) Feuerraum und Rost.

1. Im Wärmeentwickeler, dem Feuerraum, werden die Brennmaterialien erst vergast und dann verbrannt. Vergasung und Verbrennung können auch räumlich getrennt werden. Derartige Feuerungen nennt man dann Gasfeuerungen.

Das bekannteste Beispiel der Gasfeuerung bieten die städtischen Gasanstalten, wo die Kohle durch trockene Destillation in Koke und

Gas zerlegt wird. Die Verbrennung der erhaltenen Gase — des Leuchtgases — findet dagegen erst in den Wohnungen der Abnehmer statt, wo das Gas zum Beleuchten, Kochen und Heizen dient.

Die gebräuchlichen Feuerungen bestehen aus einem angemessen großen Feuerraum, dessen Wandungen gewöhnlich von schlechten Wärmeleitern (Chamottesteinen) oder von Kesselwandungen gebildet werden. Zur Auflage des Brennmaterials dient der Rost, welcher den Feuerraum vom Aschenfall trennt. Die Staubfeuerungen haben keinen Rost.

Der Rost muß die Luft allseits bequem an das Brennmaterial herantreten lassen. Er besteht daher gewöhnlich aus in kleinen Abständen wagerecht nebeneinandergelegten Stäben, den Roststäben. Man nennt einen derartigen Rost einen Planrost (Fig. 62, 63). Je nach der Stückgröße der zu verbrennenden Kohle können die Stäbe näher oder weiter voneinander entfernt liegen.

Bei nicht backender und beim Brennen zerfallender Kohle, ferner bei ganz kleinen Stücken oder gar staubförmiger Kohle würden die Planroste zu viel Brennmaterial unverbrannt in den Aschenfall gelangen lassen. In solchen Fällen kann man dann nur den schrägen, mit wagerechten Spalten versehenen Treppenrost (Fig. 64) anwenden.

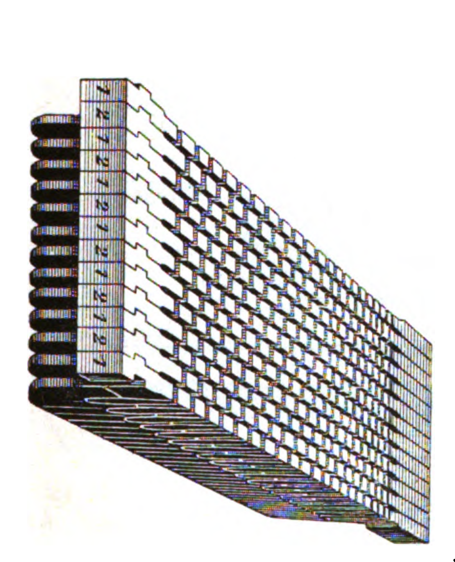


Fig. 62. Planrost.

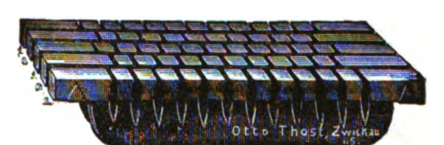


Fig. 63. Planrost.

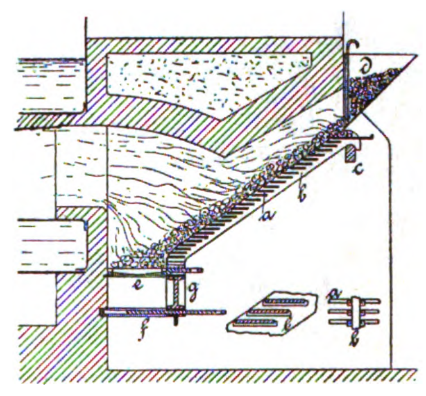


Fig. 64. Treppenrost. *a* Roststäbe. *b* Treppenwangen, *cg* Rostträger, *d* Schütttrichter mit Regulierschieber, *e f* Schlackenrost.

In besonderen Fällen werden auch senkrechte Roste benützt.

Die einzelnen Roststäbe sind wieder je nach den besonderen Eigenschaften der gerade zur Verwendung bestimmten Kohlen sehr verschiedenartig ausgeführt. Ueberhaupt muß man den Rost stets für die an dem betreffenden Orte billigsten Kohlen in jedem einzelnen Falle anpassen und kann nicht eine Rostkonstruktion für alle Fälle als die beste ansehen. Die Größe der freien Rostfläche richtet

sich nach dem Brennmaterial, der Art der Beschickung und der Stärke des Zuges.

Wie bereits S. 304 bemerkt wurde, kommt es, um sparsam und rauchfrei zu verbrennen, bei den gewöhnlichen Einrichtungen sehr viel auf die Gewissenhaftigkeit des Heizers an. Man hat sich daher bemüht, Feuerungen anzulegen, welche diese beiden Forderungen möglichst unabhängig von dem Eingreifen des Heizers erfüllen. Derartige Feuerungsanlagen pflegt man gewöhnlich »rauchfreie Feuerungen«[1] zu nennen.

Die allgemeinen Konstruktionsprinzipien sind aus den nachstehend bildlich dargestellten und vornehmlich für Kesselanlagen verwendbaren rauchverbrennenden Feuerungen zu entnehmen.

Die Kowitzke-Feuerung (Fig. 65) beruht auf der Zuführung hocherwärmter sekundärer Verbrennungsluft durch die metallene Feuerbrücke hinter dem Rost. Die sekundäre Luftzuführung kann vom Heizerstand aus durch eine Jalousie geregelt werden.

Das Streuen der Kohle über den ganzen Rost, das Offenlassen der Feuerungsthür und die Bestrahlung des Heizers während dieser Zeit

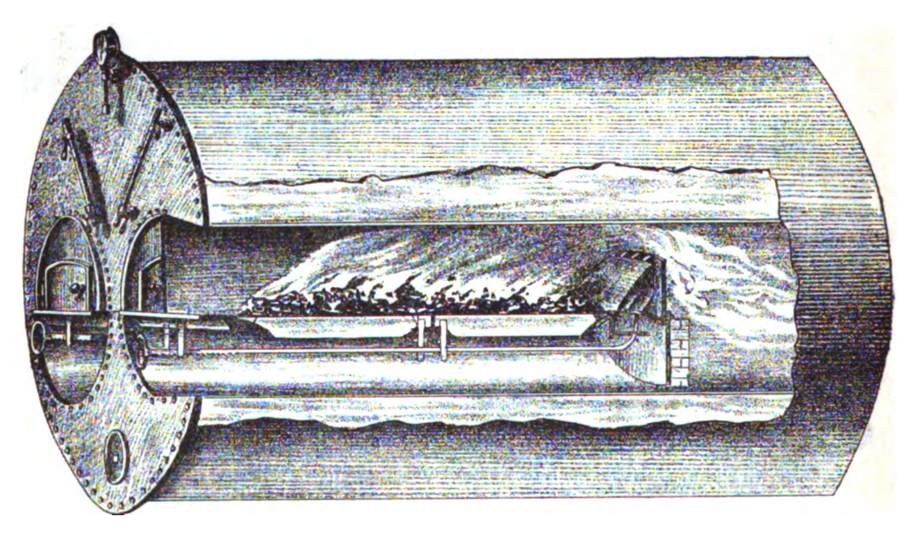


Fig. 65. Kowitzke-Feuerung.

werden durch die Cario-Feuerung (Fig. 66 und 67) vermieden. Ein wesentlicher Vorteil derselben ist ferner die Unterbringung einer großen Rostfläche auf kleiner Grundfläche. Die durch eine muldenförmige Schaufel (K) (Fig. 67) ohne jede technische Fertigkeit von dem Heizer auf die oberste Kante aufgebrachte frische Kohle wird von der rechts und links liegenden hellen Glut vergast und die sich entwickelnden Gase durch die helle Flamme entzündet. Eine durch die Luftschraube (I) regelbare Zuführung von vorgewärmter sekundärer Luft erfolgt durch die Rostauflagerohre E^5.

Ganz aus den Händen des Heizers nehmen die Rostbedienung die

mechanischen Rostbeschicker. Teils sind es Schrauben (Schnecken), die das Brennmaterial allmählich nachschieben, wie der Schultz'sche Schneckenrost[2], teils umlaufende Schaufeln, die die Kohle über den ganzen Rost verteilen, wie der mechanische Rostbeschicker von Ruppert (Fig. 68)[3]. Der Schaufel *i* kann eine beliebig gesteigerte Geschwindigkeit durch den Bewegungsmechanismus gegeben werden, welche gestattet, alle Punkte des Rostes regelmäßig mit Kohle zu beschicken. Der Apparat ruht auf Rädern und kann somit bequem entfernt werden, wenn er nicht betriebsfähig ist. Der Rost wird dann mit der Hand weiter bedient. Durch diesen Apparat wird die Hauptregel für die Beschickung von Planrosten

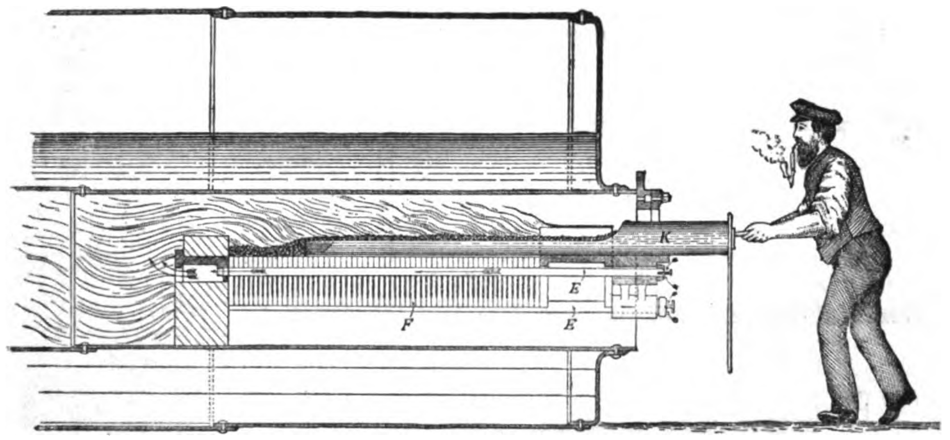


Fig. 66. Cario-Feuerung. *E* Rostauflageröhren mit Luftregulierungsschrauben, *F* Rost, *K* muldenförmige Schaufel.

besser als durch den eifrigsten Heizer erfüllt. Es muß nämlich das Aufwerfen der Kohle oft und in kleinen Mengen geschehen, die Feuerthür möglichst geschlossen gehalten werden.

In neuester Zeit wird der Staubkohlenfeuerung[4] das Hauptinteresse zugewandt. Das Prinzip derselben beruht darauf, daß ein inniges Gemisch von Luft- und Kohlenstaub in eine hocherhitzte Kammer eingeführt wird, wo derselbe sich entzündet und verbrennt.

Eine Misch- und Einführungsvorrichtung erläutert die schematische Skizze Fig. 69. Der Kasten *A* stützt sich so in den Kasten *B*, daß der in *A* zugeschüttete Kohlenstaub in *B* seinen natürlichen Böschungswinkel ein-

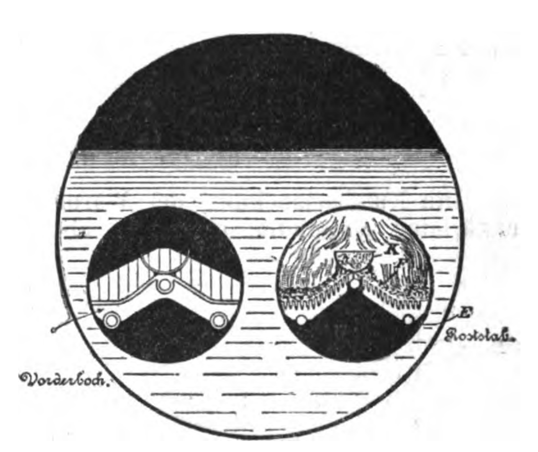


Fig. 67. Cario-Feuerung. *E* Rostauflageröhre, *F* Roststäbe. *K* muldenförmige Schaufel.

nimmt. In dem oberhalb dieser Böschung befindlichen freien Raum wird durch *a* Luft geblasen, die am Umfange der Böschung den Kohlenstaub aufwirbelt, mitreißt und durch *b* in die Verbrennungskammer führt.

Die mit Staubkohlenfeuerungen angestellten Versuche haben sehr gute Resultate [4] betreffs Rauchverbrennung und Nutzeffekt ergeben, weitere Erfahrungen sind jedoch noch abzuwarten.

1) *Rauchverzehrende Feuerungen, Wassertreppenrost, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingenieure* (1893) 1612.
2) **Schlippe,** *Der Dampfkesselbetrieb* (1892) 105.
3) **Cl. Haage,** *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen.* (1893) 840.
4) „*Dampf*“, *Ueber Kohlenstaubfeuerungen* (1893) 280, 618, 842, 939, 968, 912; (1894) 298, 485, 509.
5) **Cario,** *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen.* (1893) 512; *Dingler's polytechn. Journ.* (1875) 291. *Bd.* 11. *Heft.*

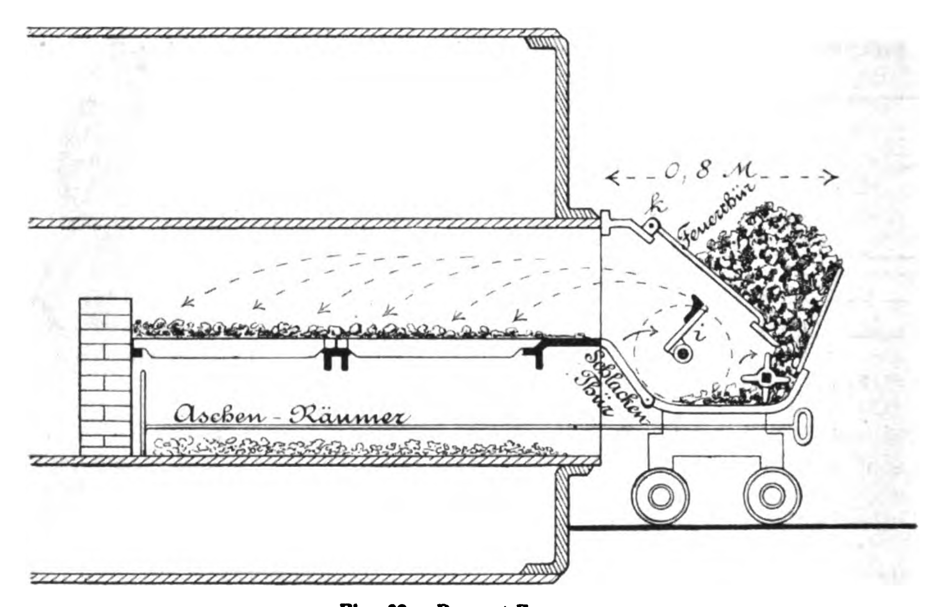


Fig. 68. Ruppert-Feuerung.

b) Die Rauchkanäle.

Die Nutzbarmachung der Wärme erfolgt bereits in dem hocherwärmten Heizraum, besonders aber in den Rauchkanälen, durch welche die heißen Feuergase streichen und deren Wandungen erwärmen.

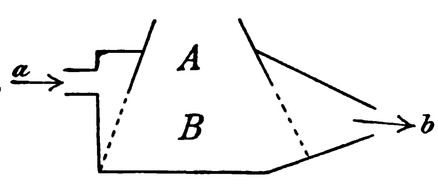


Fig. 69. Staubfeuerung.

Die Rauchkanäle bestehen je nach der Anlage aus Kacheln bei den Kachelöfen und Kaminen, aus gußeisernen Röhren bei den eisernen Oefen und Kaloriferen, welch letztere, um in der Nähe

des Feuers nicht zu erglühen, entweder mit schlechten Wärmeleitern (Chamotte) ausgekleidet oder mit äußeren angegossenen Rippen versehen sind.

Bei Kesselanlagen werden die Rauchgase meist durch ein oder mehrere Rohre, die durch den Wasserraum des Kessels führen, geleitet und schlagen schließlich in verschiedenen Führungen um den äußeren Kesselmantel herum. Vgl. über die speciellen Konstruktionen weiter unten.

c) Schornstein. Bewegung der Rauchgase.

Die Bewegung der Luft durch die Rostspalten, die innige Berührung mit der brennenden Kohle und die Abführung der Verbrennungsprodukte durch den Schornstein[1] beruht auf demselben Gesetz wie die Bewegung der Luft in den Zu- und Abluftkanälen, nämlich auf der Temperaturdifferenz der heißen Rauchgase im Schornstein und der Außenluft. Die Bewegungskraft, der Auftrieb, wächst oder vermindert sich mit der Höhe und Temperaturdifferenz der ungleich warmen Gassäulen.

Die rückläufige Bewegung der Rauchgase, das Umschlagen, das gerade beim Anheizen leicht eintritt, verursacht viele Unannehmlichkeiten und macht die Räume für längere Zeit unbehaglich, denn die noch ganz unverbrannten Kohlengase treten dabei ins Zimmer, und erst nach langer Zeit gelingt es, den widerlichen Geruch zu vertreiben.

Die Luft strömt aber auch oft, wenn kein Feuer im Ofen ist, rückläufig durch die Essen in das Zimmer, eine Erscheinung, die zur Verschlechterung der Zimmerluft beträchtlich beiträgt.

Die Ursachen dieses Umschlagens sind sehr verschiedener Natur, doch ist Abhilfe bei Sachkenntnis oft leicht zu schaffen. Witterungsverhältnisse, wie Wind, Regen, Sonnenschein, rasche Temperatursteigerungen, oft auch Anordnung, Ausführung und mangelhafte Instandhaltung des Schornsteines können die Erscheinungen hervorrufen.

Zur Sicherung der Schornsteine gegen die störenden Einflüsse von Wind, Regen und Sonnenschein leisten Rauchkappen (Deflektoren) gute Dienste, wie solche unter Kapitel Lüftung (S. 285) näher beschrieben sind; das beste bleibt jedoch immer, den Schornstein etwa 1 m über der Firsthöhe und möglichst entfernt von überragenden Wänden, Giebeln etc. ausmünden zu lassen.

Bei raschen Temperatursteigerungen der Außenluft, besonders im Frühjahr und Herbst, wird sich infolge der sich nur sehr langsam erwärmenden Schornsteinwangen eine kalte, schwere, herabsinkende Luftsäule bilden. Hier genügt es meist, um den Schornstein zum Ziehen zu bringen, beim Anfeuern erst ein langflammiges Strohfeuer in den Herd zu machen und damit die Schornsteinluft zu erwärmen.

Jeder Ofen sollte, wenn es sich mit der baulichen Ausführung verträgt, seine eigene Rauchesse haben. Zieht man mehrere Rauchrohre zusammen, dann sollen dieselben, wenn möglich, einem Stockwerke angehören. Hierbei ist jedoch zu beobachten, daß die Rauchrohre der verschiedenen Oefen nicht in einer Ebene zusammenstoßen, sondern in kurzen Abständen übereinanderliegen, da sonst leicht der eine Schornstein den anderen abschneiden oder sonst

beeinflussen könnte. Jedes Rauchrohr mündet mit Steigung nach oben in den Schornstein ein.

Wird von den zur selben Gruppe gehörenden Oefen nur einer angeheizt, so ist darauf zu halten, daß bei den anderen die Feuer- und Aschethüren fest verschlossen sind, da sonst durch dieselben kalte Luft angesaugt wird, wodurch der Zug geschwächt, leicht auch zum Umschlagen gebracht werden kann.

Die falsche Bemessung des Schornsteinquerschnittes giebt zu Störungen vielfach Veranlassung. Ein zu großer Schornstein neigt leicht zur Erzeugung von Doppelströmungen hin, ein zu enger wiederum fördert die Heizgase nicht in genügender Menge. Zu großen Nachteilen führt oft die Verengung des Schornsteines über Dach durch Aufsetzen eines engen Thonrohres. Sind mehrere Oefen in verschiedenen Stockwerken an dieselbe Esse angeschlossen, so wird der oberste Raum unter öfterer Belästigung zu leiden haben, sobald der untere zuerst angeheizt wird.

Das Umschlagen der Esse kann auch erfolgen, weil sich ihr Querschnitt durch Ansatz von Ruß verengt hat.

Statt die Luft nur durch den Unterdruck des Schornsteines dem Roste zuzuführen, kann man sie mit Hilfe von Gebläsen in die Kohlen einblasen. Zu diesen Feuerungen gehören die oben (S. 307) beschriebenen Staubfeuerungen und die Unterwindfeuerungen.

1) **Wolpert**, *Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung* (1887) 608—635, 967—980.

V. Einteilung und Beschreibung der Heizanlagen.

Die Wärme wird zur Heizung von Wohnungen durch die verschiedenartigsten Heizanlagen nutzbar gemacht.

Kein System ist jedoch für alle Fälle das beste, vielmehr ist die Wahl des Heizsystems [1] in jedem einzelnen Falle mit Berücksichtigung der gegebenen Verhältnisse besonders zu treffen.

Im folgenden werden die verschiedenen Heizsysteme kurz erläutert und die Vor- und Nachteile derselben einander gegenübergestellt.

Man unterscheidet hauptsächlich folgende Heizanlagen:

I. Oertliche Heizung (Lokalheizung).
  - a) Kaminheizung, b) Ofenheizung, c) Gasheizung, d) Kanalheizung.

II. Sammelheizung (Fernheizung, Centralheizung).
  - A. Luftheizung.
  - B. Wasserheizung.
    - a) Warmwasserheizung,
      - α) Warmwasser-Niederdruckheizung,
      - β) Warmwasser-Mitteldruckheizung,
    - b) Heißwasserheizung.
  - C. Dampfheizung.
    - a) Hochdruckdampfheizung,
    - b) Niederdruckdampfheizung.
  - D. Kombinationen von A, B, C.
    - a) Dampfluftheizungen, b) Wasserluftheizungen.

E. Kombination von B und C.

a) Dampfwarmwasserheizung, b) Dampfwasserheizung.

Die anderen Kombinationen sind wenig gebräuchlich.

F. Elektrische Heizungen.

I. Oertliche Heizung.

a) Kaminheizung.

Der altehrwürdige Kamin mit seiner offenen sichtbaren Flamme ist in Deutschland nur noch als Dekorationsstück in Verwendung, öfter findet man ihn noch in wärmeren Himmelsstrichen. Der Betrieb ist ein zu kostspieliger, und selbst die Ausnützung der Rauchgase durch Ofenaufsätze, sogenannte Halbkamine, verbilligen denselben wenig.

Die Form der Kamine und die sichtbare Flamme haben die meisten neueren Gasöfen angenommen (siehe Gasheizung S. 320).

1) **Hermann Beraneck**, *Die Wahl des Heizsystems „in Neubauten und Konkurrenzen in Oesterreich und Ungarn* 1895".

b) Ofenheizung[1].

Die Oefen unterscheiden sich von den Kaminen dadurch, daß das Feuer von dem Feuerraum vollkommen umschlossen ist und die Luft nur durch die Kohlen (Rostspalten, Schütthälse etc.) zum Feuer treten kann. Es kann also der Betrieb durch Regelung des Luftzutrittes beliebig verändert und durch möglichst gute Bauart des Feuerraumes eine bessere Ausnutzung des Brennmaterials erzielt werden.

Die meisten Wohnungen in Deutschland werden durch Oefen geheizt. Der Ofen bildet ein oft sehr schön ausgestattetes Schmuckstück der Zimmer, welches viel zur traulichen Gemütlichkeit derselben beiträgt.

Die Wärmeabgabe der Oefen genügt zur Erwärmung von Wohnzimmern, die große Lüftung nicht verlangen. Die Lehrer wünschen ihn daher auch in Schulen, wo aber von der Hygiene höhere Forderungen an die „Lüftung" gestellt werden müssen, welche durch Oefen, selbst durch große Schüttöfen mit Mantel, nicht erfüllt werden können[2].

Nach der Konstruktion kann man unterscheiden:

1. Schüröfen, bei denen man in kurzen Zeiträumen nachlegen muß, und

2. Schütt-, Füll- oder Dauerbrandöfen, welche größere Mengen von Brennmaterial auf einmal aufzunehmen imstande sind und dann für längere Zeit, oft tagelang der Wartung nicht bedürfen.

Ferner unterscheidet man nach dem Verwendungszwecke Kochherde und Heizöfen, Letztere teilt man wiederum in gewöhnliche Heizöfen und in Lüftungsöfen, die auch Cirkulations-, Gesundheits- oder Mantelöfen genannt werden, ein.

Das Material der Oefen besteht entweder aus Gußeisen oder Thonkacheln. Oft sind die wärmeaufspeichernden Kachelöfen mit den gußeisernen kombiniert.

1) **E. Voit**, *Ueber Ofenheizung im „Bayerischen Industrie- und Gewerbeblatt"* (1885) 82.

2) **Herm. Beraneck**, *Ueber Lüftung und Heizung, insbesondere von Schulhäusern, Wien* (1892) 21.

α) Heizöfen.

Die einfachsten eisernen Oefen sind die gewöhnlichen Kanonen-öfen. Sie bestehen aus einem eisernen Cylinder, unten mit Rost und Aschefall und oben mit dem Abzugsrohr nach dem Schornstein. Sie werden meist rotglühend, wirken unangenehm durch Strahlung und erkalten, sobald nicht fortwährend nachgelegt wird.

Um die Strahlung zu vermindern, umgiebt man den Ofen mit einem Mantel, durch den die Luft des Zimmers oder von außen zugeleitete frische Luft streicht.

Fig. 70 zeigt einen derartigen Kanonenofen mit Mantel. Die bei *A* und *F* einströmende Luft geht teils durch den Verbrennungsraum *G* nach dem Schornstein *E*, teils in den Mantel nach *B*, streicht über das Wassergefäß *H* weg und tritt bei *C* wiederum in das Zimmer. — Um die aus *E* austretenden Rauchgase noch weiter auszunutzen, werden dieselben meist in einem Rauchrohr hin- und hergeführt, ehe sie in den Schornstein entweichen.

Ein größeres Wärmeaufspeicherungsvermögen und angenehm milde Strahlung besitzen die Kachelöfen; die Regulierung der Wärme ist jedoch sehr schwierig und mangelhaft.

Die Grundform derselben ist der russische Ofen (Fig. 71 und 72).

Durch den Feuerraum (*α*) schlägt die Flamme in den ersten Zug (*1*). Die Rauchgase gehen dann, sich in der punktierten Linie auf und ab bewegend, bis zu Zug (*6*), um von da durch den Fuchs *m* nach dem Schornstein (*10*) zu entweichen.

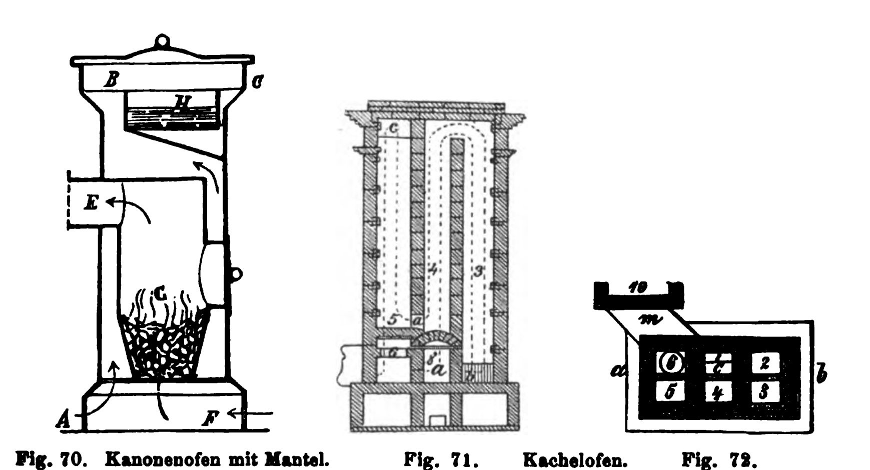


Fig. 70. Kanonenofen mit Mantel. Fig. 71. Kachelofen. Fig. 72.

Einen interessanten Vergleich zwischen Kachelöfen und eisernen Oefen geben die Versuche von E. v. Esmarch[1].

Der eiserne Ofen heizte in etwa einer Stunde das Zimmer an, um welche Zeit der Kachelofen erst warm zu werden begann, und nach zwei Stunden erst machte sich eine langsam fortschreitende Erwärmung des Zimmers bemerkbar, obgleich die doppelte Menge Kohlen

gegenüber dem eisernen verbraucht war. Nach fünfstündiger Heizung war das Feuer im eisernen Ofen ausgebrannt, und die Temperatur begann zu sinken, der Kachelofen hielt etwa eine Stunde länger vor.

Für Räume, in denen sich gleichzeitig eine größere Anzahl Menschen aufhalten, eignen sich schon der ungünstigen Regulierbarkeit wegen Kachelöfen nicht.

Statt nun die Wärme in schlechtleitenden Thonmassen, wie beim Kachelofen, aufzuspeichern, kann man dieselbe auch in die Masse des Brennmaterials verlegen.

So entstanden die Schütt- oder Füllöfen für Dauerbrand.

Der älteste und bekannteste ist der Meidinger-Ofen (Fig. 73). Derselbe besteht aus einem einfachen eisernen Cylinder. Durch die obere Füllthür wird derselbe mit Brennmaterial angefüllt und oben entzündet. Durch stärkeres oder schwächeres Oeffnen der unteren Thür wird die Schnelligkeit der Verbrennung geregelt. Der Ofen ist ferner von einem eisernen Mantel umgeben [2]. — Der Kelling'sche Mantelofen (Fig. 74)

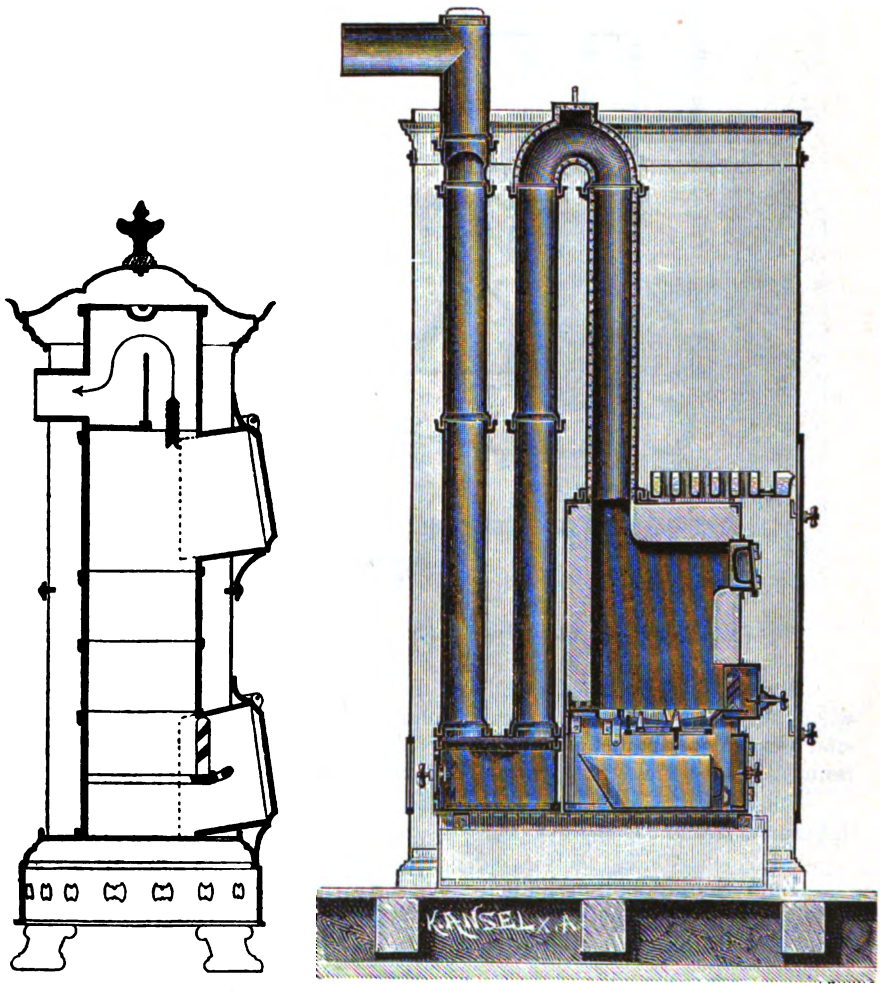


Fig. 73. Meidinger-Ofen. Fig. 74. Kelling'scher Mantelofen.

zeigt im Feuerraum eine ähnliche Bauart. Jedoch ist derselbe, um nicht zu erglühen, mit Chamotte ausgekleidet, und die Rauchgase werden erst durch mehrere Züge zur besseren Ausnutzung geführt. Auf dem Feuerkasten steht eine Pfanne zur Befeuchtung der Luft. — Der Sturm-sche Ofen (Fig. 75) ist, um das Ueberhitzen der Heizfläche zu vermeiden, mit Rippen armiert, welche die wärmeabgebende Fläche im Verhältnis zur wärmeaufnehmenden bedeutend vermehren. Die Reinhaltung der gerippten Flächen, besonders der nicht senkrechten, ist schwieriger als die der glatten.

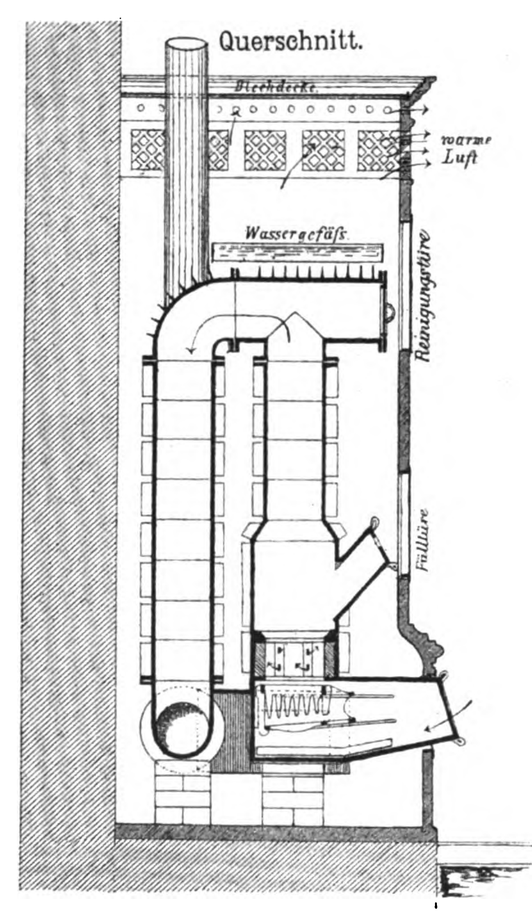


Fig. 75. Sturm'scher Mantelofen.

Der Käuffer'sche Ofen, welcher bereits in Fig. 52 (S. 285) im Lockschornstein dargestellt wurde, unterscheidet sich von den vorgenannten dadurch, daß er zum Nachschütten des Brennmaterials durch den Schütthals eingerichtet ist. Das Feuer brennt von unten weg.

Würde man bei den drei erstgenannten Oefen nachschütten, so würden die frischen Kohlen sogleich auf die glühenden Kohlen zu liegen kommen, und es würde so lange stark rauchen, bis die neu aufgeschüttete Kohle in Brand wäre. Auch wenn man Koks nachschüttet, wie bei dem Sturm'schen Ofen, entweichen, ehe die Flamme durchschlägt, brennbare Gase.

Durch den regulierbaren, auf dem Schütthals angeordneten Kanal wird der Flamme nach Bedarf nochmals Luft zugeführt. Die Rippen sind besonders am Feuerraum so reichlich, daß ein Ausfüttern des Feuerraumes mit schlechten Wärmeleitern nicht mehr erforderlich wird.

Die Abänderung dieser angeführten Grundformen ist so mannigfaltig, daß zum Studium derselben auf die Litteratur verwiesen werden muß [8].

Zum Schluß sollen jedoch noch zwei neuere Ofenarten angeführt werden, deren eigenartige Anordnung allgemeineres Interesse beansprucht.

Bei dem Lange'schen Ofen (Fig. 76 und 77) erfolgt die Luftzufuhr während des Betriebes nur durch die Regulierschraube *a* von oben durch das Brennmaterial und die das Brennmaterial umgebenden Luftkanäle *cc*, die einen Schütttrichter bilden. Die auf dem Rost *b* brennenden Kohlen erwärmen durch Strahlung die im Schütttrichter aufgeschüttete Kohle und vergasen dieselbe.

Diese Gase mischen sich innig mit der durchströmenden Luft, treten in die Gas- und Luftkanäle *c* über und streichen schließlich gemeinsam,

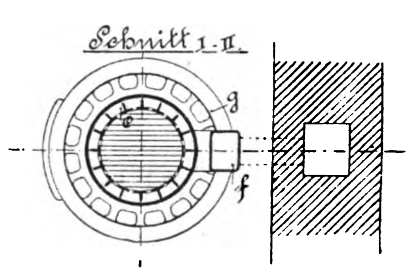


Fig. 77. Lange'scher Ofen.

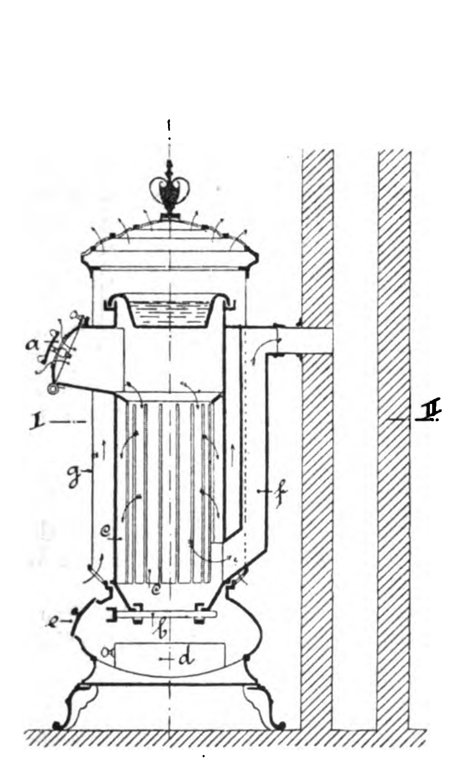


Fig. 76. Lange'scher Ofen.

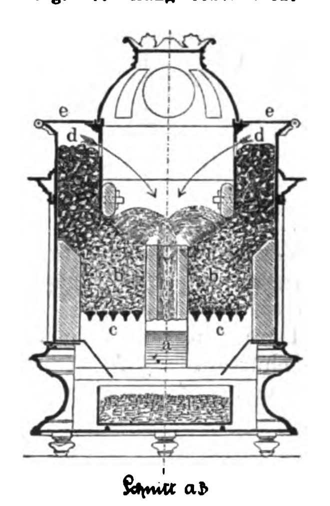


Fig. 78. Sturzflammenfeuerung.

Fig. 76 und 77. *a* Luftregulierschraube, *b* entfernbarer Rost, *c* gußeiserne Luft- und Gaskanäle, *d* Aschekasten, *e* Aschethür, *f* Schornsteinrohr, *g* Mantel.

hoch vorgewärmt, über die auf dem Rost lagernde heißeste Kohlenschicht, um dort vollkommen zu verbrennen. Die auf dem Rost ankommende entgaste Kohle (Koks) verbrennt dann ohne Rauchentwickelung.

Die Austrocknung der Kohle durch trockene Destillation erlaubt stark backende Kohle zu verwenden.

Bei den Oefen mit Sturzflammenfeuerung läßt Wilhelm Löhnholdt in Berlin die frisch entwickelten Flammen und Gase zweier getrennter, nebeneinander liegenden Feuerungen, mit Verbrennungsluft gemischt, in eine dazwischenliegende Chamotte-Heizkammer stürzen (Fig. 78, 79, 80). Die dadurch entstehende vorzügliche Mischung der Rauch-

gase mit Luft und die hohe Temperatur in der Verbrennungskammer erzeugen eine gute Verbrennung.

In den beigegebenen Figuren 78, 79, 80 sind (*b*) die beiden Schüttfeuerungen, denen die Kohle von (*d*) aus zugeführt wird. Die Kohlen lagern auf den Pendelrosten (*c*) (Fig. 80) zu beiden Seiten der Chamotteverbrennungskammer (*a*). Mit von *e* kommender Luft gemischt, stürzen von beiden Seiten die Flammen, sich vermischend und durchdringend, in

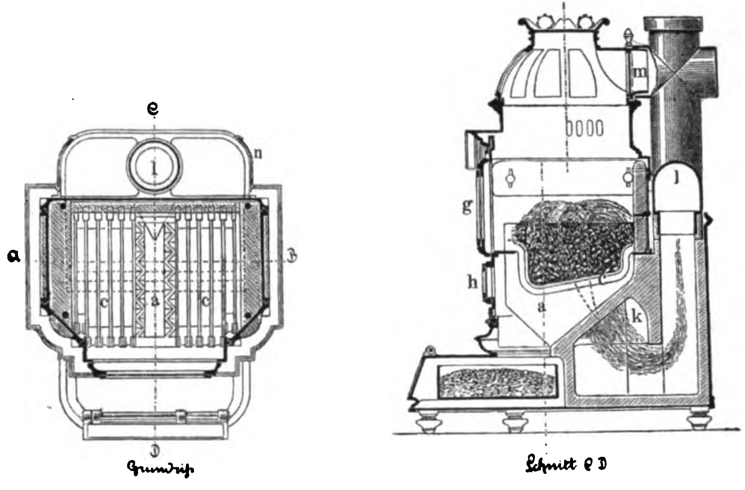


Fig. 79. Fig. 80.

Löhnholdt's Sturzflammenfeuerung.

den Verbrennungsraum (*a*) und gehen durch die Kammer (*k*) nach dem Schornstein (*l*). Die Klappe *m* dient beim Anzünden zur Vorwärmung der Esse.

Durch die mit Glimmerscheiben versehene Bekrönung, die Feuer- und Schürthüren (*g*, *h*) ist das Feuer sichtbar, sodaß der Löhnholdt'sche Stürzflammenofen in dieser Hinsicht einen Kamin ersetzen kann.

Berechnung der Oefen.

Der Wärmeverbrauch des Zimmers wird gemäß den Angaben in dem Abschnitt „Wärmeverlust der bewohnten Räume" (S. 296) festgestellt.

Die Größe der Ofenoberfläche in qm ergiebt sich dann einfach durch Division mit der Wärmeabgabe eines qm der zur Verwendung kommenden Heizfläche.

Die Wärmeabgabe der Heizflächen ist nun verschieden und richtet sich nach der Konstruktion, ob glatt oder mit Rippen besetzt, nach dem Material, ob Eisen oder Thon, nach der Temperatur der wärmeabgebenden Heizgase und der Instandhaltung des Ofens.

Bei gleichmäßigem Betriebe kann man annehmen, daß für den qm bei:

glatter Heizfläche	1500—2500	W. E.
Rippenheizfläche	1200—1500	„
Kachelofenfläche	500—700	„

abgegeben werden.

Die niedrigen Zahlen verwendet man vorteilhaft bei unterbrochenem Betrieb, wenn z. B. jeden Morgen das Zimmer schnell angewärmt werden soll, während die höheren für den ununterbrochenen Betrieb bei Tag und Nacht genügen.

Nehmen wir das Beispiel S. 300 an.

Würde man also hier die Größe der Oefen für die beiden gleichgroßen Zimmer nach dem Kubikinhalt bestimmt haben, so müßten die Heizflächen des Eckzimmers W.E. pro qm abgeben:

bei glatter Heizfläche	2690	W. E.
bei Rippenheizfläche	2160	„
bei Kachelofenheizfläche	900	„

d. h. der Ofen muß bei starker Kälte übermäßig angestrengt werden und wird dann auf Kosten des Brennmaterials das Zimmer mäßig erwärmen.

Es wird daher nochmals darauf hingewiesen, daß es im eignen Interesse der Auftraggeber liegt, auf richtige Bemessung der Oefen zu sehen und die rohe Bestimmungsmethode der Ofengröße nach dem Inhalt der Räume zu verwerfen.

Die Natron-Carbon-Oefen von Nieske entwickeln bei der meist geübten unzweckmäßigen Behandlung und Anwendung Kohlenoxyd [4]. Sie sind daher gesundheitsgefährlich. Der Berliner Polizeipräsident warnt vor der Anwendung derselben [5].

1) **E. von Esmarch**, *Zeitschr. f. Medizinalbeamte* 4. *Bd.* 618.
2) **E. von Esmarch**, *Centralbl. d. Bauverwaltung* (1891) *No.* 20.
3) *Deutsche Töpferzeitung*, *Bunzlau*.
4) **Petri**, *Zeitschr. f. Hyg.* 6. *Bd.* 289 (1889); **Terni**, *Arch. f. Hyg.* 16. *Bd.* (1893) 196.
5) **Wernich** *und* **Wehmer**, *Lehrb. d. öffentl. Gesundheitswesens* (1894) 25.

β) Die Koch- und Bratöfen.

Die Kochöfen sind in den meisten bürgerlichen Küchen heute noch ebenso unvollkommen, wie sie vor hundert Jahren waren. Sie bestehen häufig nur aus einer unnötig großen Thonmasse mit einem Feuerloch unter der Platte.

Schon ein nennenswerter Aufschwung ist es, wenn dem Ofen noch eine Bratröhre angefügt ist.

Im Sommer erwärmen derartige Kochmaschinen durch Strahlung und Leitung die Küche in unerträglicher Weise und wärmen selbst noch lange nach der Beendigung der Kochthätigkeit so stark nach, daß Hausfrau und Köchin sich nicht vor Hitze zu retten wissen. Im Winter dagegen ist es oft selbst bei ständiger Unterhaltung des Feuers und großem Kohlenverbrauch nicht möglich, die Küche genügend warm zu erhalten.

Für den Abzug des Wrasens und des Kochgeruches ist meist in keiner Weise Vorsorge getroffen, trotzdem es so nahe liegt, die Wärme der hocherwärmten Rauchgase zur Lüftung nutzbar zu machen. Nur wenige Bauordnungen enthalten über die Lüftung der Küchen bestimmte Vorschriften.

Liegt die ungelüftete Küche gar noch im Keller, so dringen die Gerüche durch das ganze Haus, wenn nicht geeignete Maßnahmen ge-

troffen werden, um diesen zu verhindern. Man hat vorgeschlagen, die Kochküche sowohl, als die Waschküche nach den obersten Geschossen zu verlegen. Doch sträuben sich die Hausfrauen meist gegen diese Lage, weil dieselbe mancherlei Störungen für den Wirtschaftsbetrieb mit sich bringt.

Ist die Küche nur die Werkstatt für die Herstellung der Speisen und somit nur für kürzere Zeit während des Tages benutzt, so sind die Nachteile der gewöhnlichen Kochmaschine, obgleich schwerwiegend genug, noch zu ertragen. Bei armen Familien aber, die überhaupt nur einen Raum bewohnen und diesen sowohl als Küche, wie auch als Wohn- und Schlafzimmer benutzen müssen, trat das Bedürfnis nach einem geeigneteren und preiswerten Zimmer-, Koch- und Heizofen immer lebhafter zu Tage.

Dem deutschen Verein für öffentliche Gesundheitspflege in Gemeinschaft mit dem Verein zur Förderung des Wohles der Arbeiter „Concordia" ist es zu danken, diese Frage durch Veranstaltung einer Preisbewerbung[1] für die beste Konstruktion eines in Arbeiterwohnungen zu verwendenden Zimmerkoch- und Heizofens angeregt und gefördert zu haben.

Es ist zwar bei dieser Preisbewerbung kein Entwurf eines Ofens eingegangen, der allen Anforderungen entsprochen hätte, jedoch bleibt zu hoffen, daß sich die Ofentechnik, sowie die Hygiene mehr mit der Werkstatt beschäftigen wird, in der die Speisen und Getränke für die einzelnen Familien hergestellt werden.

Zur Förderung dieses Zweckes mögen die Prinzipien und Forderungen für die Herstellung eines guten Zimmerkoch- und Heizofens, wie dieselben in § 1 dieses Preisausschreibens klar und deutlich zum Ausdruck gekommen sind, hier aufgeführt werden:

§ 1. Der Ofen soll so eingerichtet sein, daß Arbeiterfamilien innerhalb ihres Wohnzimmers Speisen zubereiten können, ohne daß Wasserdampf, Kochdünste und Heizgase in das Zimmer treten und ohne daß die Temperatur in einer der Gesundheit nachteiligen Weise gesteigert wird. Demnach muß der Ofen hauptsächlich folgenden Anforderungen entsprechen: a) Er muß je nach Bedarf nur zum Kochen oder nur zum Heizen oder für beides gleichzeitig dienen können. Die hierdurch gebotene Einrichtung muß einfach, solid und für jedermann leicht zu verstehen und zu behandeln sein. b) Er muß den Raum, in welchem er steht, lüften, insbesondere muß er die aus den Speisen während des Kochens sich entwickelnden Dämpfe und Destillationsprodukte, ohne daß sie sich zuvor mit der Zimmerluft vermischen, mit Sicherheit abführen. c) Die Außenfläche des Ofens darf möglichst wenig Gelegenheit zur Staubablagerung bieten und muß leicht zu reinigen sein. d) Er muß das Brennmaterial möglichst ausnutzen. e) Er muß so billig herzustellen sein, daß der Preis seiner weiteren Verbreitung in den unbemittelten Klassen nicht im Wege steht.

Den ersten Preis der oben erwähnten Konkurrenz erhielt der Ofen des Eisenwerkes Kaiserslautern (Fig. 81, 82 und 83).

Die Feuerung ist eine Dauer- und Regulierfeuerung. Die Flamme schlägt entweder durch die Klappe (*K*) (Fig. 82) direkt in den Schornstein (*r*) (Fig. 81, 83), nur die Platte bestreichend oder um den Bratkasten in der Richtung der Pfeile.

Die Strahlung des Ofens wird durch die Ummantelung (v) und (v_1)

vermindert. Durch den Schieber (S) am Fußboden kann entweder frische Außenluft oder Zimmerluft nach dem Kanal V geleitet werden und von dort entweder als vorgewärmte Luft durch die Oeffnungen i in das Zimmer oder durch Stellung der Klappe k' in den Kamin strömen. Der Wrasen wird von der abgeschlossenen Entwickelungsstelle der Kochplatte und dem Bratofen direkt nach dem Schornstein abgeleitet.

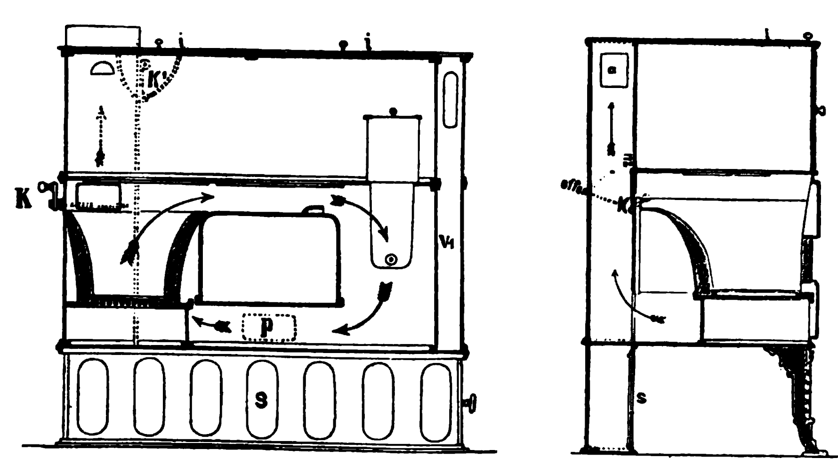


Fig. 81. Fig. 82.
Zimmer-, Heiz- und Kochofen des Eisenwerkes Kaiserslautern.

8. Gaskocher.

Die Verbilligung des Gases für Koch- und Heizzwecke hat in neuester Zeit den Gaskochern einen schnellen Eingang verschafft, und in der That hat sich ihre Verwendung zu Kochzwecken auch vielfach bewährt.

Die Annehmlichkeiten des Kochens mit Gas sind Reinlichkeit, stete Bereitschaft zum Kochen — Tag und Nacht —, keine Ueberhitzung des Raumes bei Abzug der Rauchgase, Ausnutzung der Rauchgaswärme zur Förderung des Abzuges des Wrasen, leichte Regulierbarkeit und gute Wärmeausnutzung.

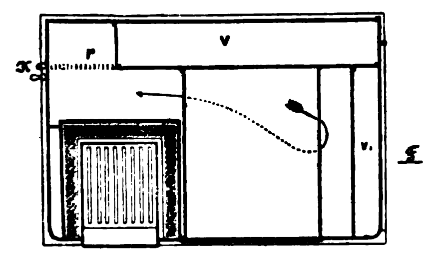


Fig. 83.

Durch letztere Eigenschaften gleicht sich der höhere Preis des Gases — je nach dem Einheitspreis und der Güte des Gases — gegen den des festen Brennstoffes meist aus[2].

Durch Einführung der Richard Goehde'schen Selbstkochapparate[3] verbilligt und vereinfacht sich das Kochen beträchtlich, sodaß die Herstellung des täglichen Kochbedarfs einer Familie, Fleischsuppe, Gemüse, Fleisch und Kartoffeln, mittels Gases etwa 2,5 Pf. kosten soll. In einem Kochtopf (Fig. 84) wird die zu kochende Speise auf dem Gasbrenner etwa 5 Minuten kochen gelassen und dann mehrere Stunden im Selbstkocher (Fig. 85) sich selbst überlassen.

Der Selbstkocher (Fig. 85) ist nichts weiter als ein mit einem schlechten Wärmeleiter umgebenes Metallgefäß. Mit der Zeit wird die Speise durch Einwirkung der durch das Aufkochen erzeugten Eigenwärme von selbst gar (vergl. auch dieses Handbuch Bd. IV S. 133 [Rosenboom]).

Genügende Erfahrungen über diesen Apparat fehlen noch.

1) *Ges.-Ing.* (1882) *No.* 24 *S.* 808.
2) **Niemann,** *Ist das Heizen mit Gas noch zu teuer? Dessau* (1892); *Einrichtungen zum Kochen und Heizen mit Gas, Akt.-Ges. Schäffer und Walcker* (1893).
3) **R. Goehde,** *Koche mit Gas, Vortrag, Berlin, Ges.-Ing.* (1893) *No.* 9 *und* 10.

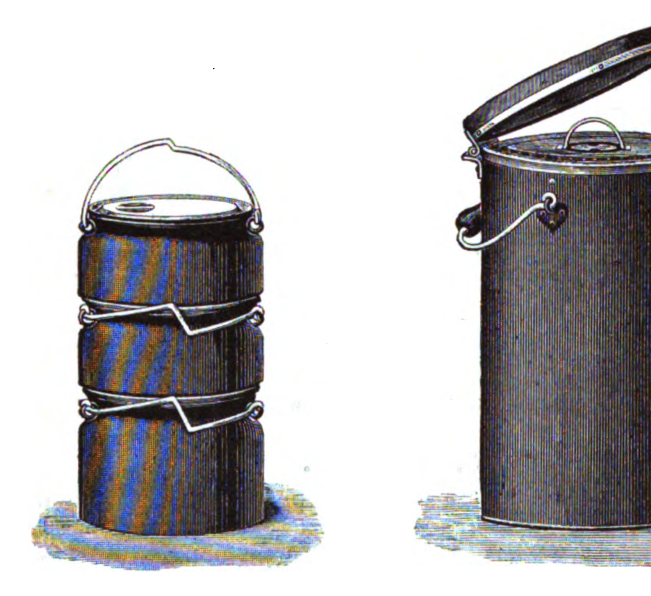


Fig. 84. Fig. 85.
Goehde's Selbstkocher.

c) Gasheizung (vergl. S. 124 ff.).

Die Gasheizung steht zwischen örtlicher und Centralheizung. Sie ist eine örtliche Heizung mit centraler Zuleitung des Brennmateriales (des Gases).

Das meist zur Verbrennung kommende Gas ist das Leuchtgas; über das Wassergas für Raumheizungszwecke liegen gute Ergebnisse bisher nicht vor [1]). Die Verbilligung des Gases zu Kraft- und Heizzwecken hat die größere Verbreitung der Gasheizung ermöglicht.

Zur leichteren Beurteilung der Vor- und Nachteile der Gasheizung sind einige Bemerkungen über das Brennmaterial, das Leuchtgas notwendig und sollen der weiteren Besprechung vorausgeschickt werden.

Die Zusammensetzung des Leuchtgases ist in den einzelnen Gasanstalten verschieden und sie ändert sich auch in den einzelnen Gasanstalten im Laufe des Tages.

Eine Durchschnittsanalyse des Karlsruhe-Leuchtgases [2]) möge hier folgen:

1.	2. Zusammensetzung des Leuchtgases Vol. %	3. Verbrennungswärme W. E.	4. Verbrennungsprodukte	5.
			Kohlensäure Vol.	Wasserdampf Vol.
Wasserstoff (H_2)	47,0	1212	—	47
Methan (CH_4)	33,0	2805	33	66
Kohlensäure (CO_2)	2,5	—	2,5	—
Kohlenoxyd (CO)	8,5	255	8,5	—
Schwere Kohlenwasserstoffe (C_6H_6)	1,0 } 5,0	633	4,5	2,25
(C_2H_4)	4,0		1,75	1,00
Stickstoff u. Sauerstoff (N+O)	3,0	—	—	—
		5241 W.-E.	59,22 CO_2	125,25 Wasser
			entstehen aus 100 Vol. Leuchtgas.	

Zur vollkommenen Verbrennung des Gases zu CO_2 und Wasserdampf ist das 5,5-fache Volumen Luft erforderlich.

Mengt man das Gas vor der Ausströmung mit der doppelten Menge Luft, so wird die Flamme nichtleuchtend. Durch die Entleuchtung wird die Wärmeentwickelung nicht geändert.

Wird die Wärme der abziehenden Gase zur Vorwärmung der Verbrennungsluft verwandt, um dadurch die Leuchtkraft zu erhöhen, so spricht man von Regeneration (vergl. S. 113).

Bei der innigen Vermischung von 4—13 Volumen Luft mit 1 Vol. Leuchtgas entsteht ein Gemisch, welches bei Einspringen eines Funkens explodiert, indem es seinen Druck auf 8 Atm. erhöht.

Wie aus der obigen Tabelle Spalte 5 hervorgeht, enthalten die Verbrennungsprodukte Wasserdampf und zwar erzeugt 1 cbm Gas bei der Verbrennung etwa 1 kg oder 1 l Wasser. Dieses Wasser enthält 1 ‰ schweflige Säure, riecht unangenehm, zerstört Eisen und durchnäßt das Mauerwerk. Bei Temperaturen von 60—70° C im Schornstein tritt die Kondensation meist nur beim Anheizen stark auf.

Bei der Konstruktion und Beurteilung der Gasöfen ist hauptsächlich auf folgendes zu achten:

1) Die Verbrennung muß eine vollständige sein.

2) Die Abführung der Verbrennungsprodukte muß selbst ohne Kamin eine sichere sein[13]. Bei Auf- und Abführung der Abgase darf eine Vorrichtung zum Vorwärmen des Kamines nicht fehlen.

3) Zur möglichsten Verminderung der Explosionsgefahr ist auf kleine Innenräume über der Flamme, aber auf eine große freie Verbindung mit der Atmosphäre unter der Flamme zu sehen.

4) Die nachteiligen Wirkungen des Kondenswassers in Ofen und Schornstein sollen durch geeignete Vorkehrungen möglichst unschädlich gemacht seien.

Die Gaskamine, die in neuester Zeit eine Hauptrolle bei der Gasheizung spielen, suchen die strahlende Wärme der Flamme möglichst zur Erwärmung der unteren Raumpartieen nutzbar zu machen.

Es scheint daher hier die geeignetste Stelle, einige Worte der Heizung mit strahlender Wärme zu widmen.

An sich hat ein jeder die Wirkungen der strahlenden Wärme bereits wahrgenommen, wenn er bei einer Gas- oder Petroleumlampe gearbeitet oder sich in einem hell mit Gas beleuchteten Raume befand.

Nach den Untersuchungen von Rubner[3]) wirkt bereits eine höhere Bestrahlung als von 0,035 Kalorien in der Minute und auf 1 qcm der Körperoberfläche (am Kopf gemessen) bei niederen Zimmertemperaturen belästigend.

Steigt die Zimmertemperatur, so wird die Strahlung fühlbarer und in Versammlungssälen, wo die Temperatur oft 26° C und mehr beträgt, wird bereits eine Bestrahlung 0,018 Kal. in der Minute und auf 1 qcm der Körperoberfläche unangenehm fühlbar.

Es genügen also geringe Wärmemengen, um ein Wärmegefühl hervorzubringen.

Dieser letztere Umstand macht den Aufenthalt in warmen und stark mit gewöhnlichem Gaslicht erleuchteten Sälen so unerträglich.

Die strahlende Wärme wirkt direkt und unmittelbar und kann durch Reflektoren in einfachster Weise genau dahin gerichtet werden, wo die Erwärmung am angenehmsten und nötigsten ist; sie kann also sehr rationell ausgenutzt werden.

Das Bestreben der einzelnen Konstruktionen von Reflektoröfen geht nun darauf hinaus, möglichst viel strahlende Wärme aus 1 cbm Gas nutzbar zu machen.

Die Erhöhung der Leuchtkraft bei Flammen z. B. durch Zuführung heißer Verbrennungsluft trägt zur Vermehrung der Ausnutzbarkeit des Gases für strahlende Wärme bei.

Die Versuche von Hempel[4]), die mit häufig benutzten Gaskaminöfen ausgeführt wurden, geben relative Zahlen von hohem Interesse.

Als Strahlenmesser wurde ein 2 m hoher Schirm benutzt, an dem drei mit 2 l Wasser gefüllte, berußte Zinkblechkasten übereinander hingen. Durch genaue Thermometer wurde die Wärmezunahme des Wassers in den einzelnen Taschen abgelesen.

Art der Heizeinrichtung	Der Strahlungsmesser stand 150 cm entfernt von	Zeitdauer des Versuches in Minuten	Gasverbrauch in l in der Stunde	Zunahme der Temp. des Strahlungmessers		
				unterer Kasten ° C	mittlerer Kasten ° C	oberer Kasten ° C
Warsteiner Ofen R. 4.	der Brennröhre	168	570	5.6	4,6	2,6
Aelterer Kutscherofen mit Bunsenbrennern	der äufseren Ofenwand	178	1138	7,0	8,2	7,0
Houben & Sohn-Ofen, Aachen, klein	von der Brennröhre	168	550	9.6	7.8	5.3
Houbon & Sohn-Ofen, Aachen, grofs, neu bezogen	„	168	910	16,8	13,6	8,7
Siemens-Ofen mit starker Vorwärmung der Flamme	„	175	1006	18,1	16,0	9,1
Siemens-Ofen mit dergl. u. Vorsatzreflektor	„	168	960	23.0	19,2	10,2
Porzellanofen, nachdem derselbe schön warm war, Fenster geöffnet	von äufserer Ofenwand	204	—	1,3	1,6	2,5
Kaminfeuer, englisches, mit Holz, Fenster geöffnet	v. d. brennenden Holz	168	13kg Holz	18.5	22,6	17,3

Der Siemens'sche Ofen mit hoch vorgewärmter Verbrennungsluft giebt also die höchsten Strahlungswerte.

Ueber die absoluten Zahlen der Strahlung giebt die nachfolgende Tabelle wissenswerte Aufschlüsse [5]).

Material und Brennerart	Wärme in Kal. für 1 Kerze		Strahlung in Kal. per Stunde	Die strahlende Wärme macht Proz. der Wärme aus	
	total I	nach Abzug d. Wasserdpf. II		I	II
Gaslicht	121,20	109,9	11,16	9,21	10,16
Schnittbrenner	87,25	79,1	8,22	9,43	11,24
Argand	55,20	50,1	7,08	12,78	14,02
Auerlicht	8,80	7,9	1,37	15,68	17,36

Hieraus folgt, daß frei brennende Flammen 10 bis 15 Proz. der Gesamtwärme durch Strahlung abgeben.

Das Karlsruher Gas (S. 321) ergab eine Gesamtwärmeleistung von 5241 W.-E.; da also im günstigsten Falle etwa 15 Proz. als strahlende Wärme nutzbar gemacht werden können, so stellt sich die Wärmeverteilung etwa wie folgt:

	Proz. der Gesamtwärme	W.-E.
Durch Strahlung der Flammen werden direkt nutzbar gemacht	15	788
Durch Verluste durch den Schornstein und Wasserdampfbild geben verloren bei guten Oefen etwa	25	1310
In den heifsen Gasen ist enthalten und wird durch Leitung und Strahlung nutzbar gemacht	60	3143
	100	5241

Der Anteil der Strahlung ist also weit geringer als man im allgemeinen anzunehmen pflegt.

Die vielverbreitete Ansicht, daß nur leuchtende Flammen reichlich Wärme ausstrahlen, ist falsch; denn ein nichtleuchtender Bunsenbrenner giebt 8,54 Proz. der Gesamtwärme durch Strahlung ab, also nur um ein Geringes weniger, als ein gewöhnlicher Gasbrenner mit leuchtender Flamme.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen kann zu der Besprechung der einzelnen für die Praxis wichtigsten Ofenkonstruktionen übergegangen werden.

Durch Versuche fand Meidinger, daß ein durch ein gleich weites Rohr strömendes Gas sich schneller abkühlt, wenn es von oben nach unten strömt als umgekehrt, da sich im letzteren Falle die aufsteigende warme Luft mit der darüber liegenden abgekühlteren ständig mischt. Der Vorteil der schnelleren Abkühlung der Gase läßt sich auch bei aufwärts gerichteter Bewegung erzielen, wenn man konzentrische oder parallelflächige enge Kanäle (sogenannte Schlitzkanäle) anwendet.

Meidinger konstruierte nach diesem Grundsatz den durch Fig. 86 veranschaulichten Karlsruher Schulofen (siehe S. 127 ff.).

Er besteht aus einem konzentrischen Schlitzkanal, der durch zwei Blechrohre gebildet wird. In dem mit Glimmerscheiben versehenen

Sockel *a* liegt der Brennerkranz *c*. Das Gas verbrennt mit leuchtender Flamme. Die Abgase steigen in dem Schlitzkanal hoch und werden in dem Kanal *b* gesammelt und bei *d* nach dem Schornstein abgeleitet. Um die zu starke Strahlung des Ofens zu vermindern, ist der Mantel (*f*) angebracht.

Das innere, durch den Schlitzkanal gebildete Rohr ist entweder mit der Zimmerluft in Verbindung zur Anheizung oder mit einem Frischluftkanal zu Lüftungszwecken. Um die Selbstbestrahlung dieser inneren Rohrheizfläche möglichst zu vermindern, wird ein Blechkreuz hineingehangen.

Nach dem Prinzip der Schlitzkanäle sind noch mehrere Gasöfen konstruiert worden z. B. der Ofen der Dessauer Kontinental-Gasgesellschaft (Fig. 87). Derselbe besteht aus zwei Schlitzkanälen, die sich oben vereinen. Die innere Wand ist gerade und mit Zungen armiert, die in die Zacken hineinragen.

Bei dem Ofen des Eisenwerks Kaiserslautern (Fig. 88) werden die Schlitzkanäle begrenzt außen von einer Blechwand, innen von einem Chamottekörper (*a* und *b*). Die Flammen brennen in dem Kasten (*a*). Die Rauchgase steigen in den Schlitzkanälen des Kastens *a* empor und in dem Kasten *b* nach dem Abzug herunter. Bei der neuesten Konstruktion gehen die Abgase durch beide Kammern gleichzeitig und werden

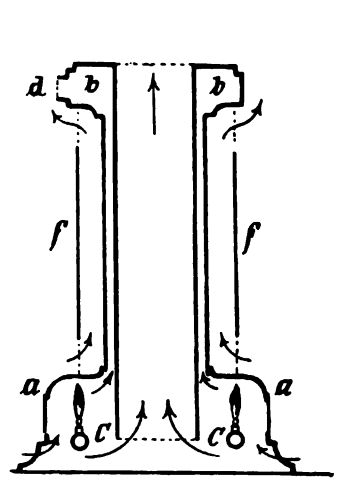


Fig. 86.
Karlsruher Schulofen.

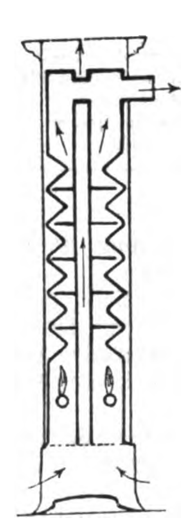


Fig. 87.
Dessauer Gasofen.

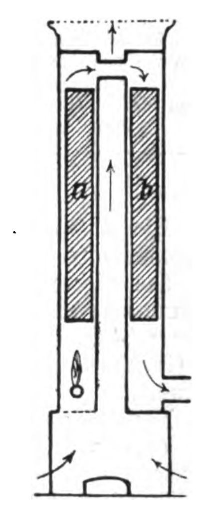


Fig. 88. Kaiserslauterner Gasofen.

oben vereint in den Schornstein abgeführt. Der Thoneinsatz soll als Wärmespeicher dienen, wodurch einer der Hauptvorzüge der Gasheizung, die leichte Regelfähigkeit, vermindert wird und ein neuer Vorzug nicht hinzukommt; denn solange gebrannt wird, ist Wärme da, eine Aufspeicherung also vollkommen unnötig.

Andere Oefen zeigen des Prinzip der Schlitzkanäle nicht, so der Kutscher'sche Gasofen (Fig. 89).

Er besteht aus einem Blechkasten, durch dessen oberen Teil geneigte

Rohre (*c*) gezogen sind, durch welche die Luft streicht. Ueber den entleuchteten Flammen (*a*) liegt ein Rost (*b*), der die Rauchgase zerteilen soll.

Bei den bisher besprochenen Oefen wird die strahlende Wärme der Flamme direkt nicht ausgenutzt. Bei den folgenden Konstruktionen wird ein Hauptaugenmerk darauf gerichtet, die strahlende Wärme möglichst zur Geltung zu bringen.

Der Ofen Fig. 90 wird gegenwärtig nicht mehr ausgeführt, sondern hat nur geschichtliches Interesse, denn er ist der älteste sogenannte Regenerativgasofen. Seine Wirkung beruht auf demselben Grundsatz, wie die bekannte Siemens-Regenerativlampe (vergl. S. 113).

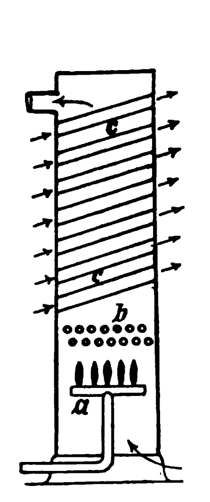


Fig. 89. Kutscher'scher Gasofen.

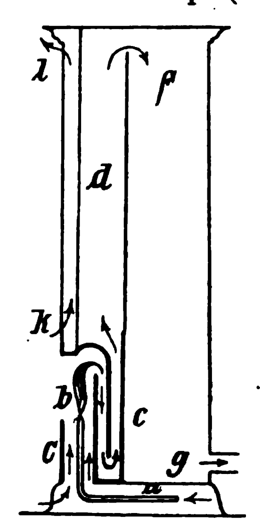


Fig. 90. Alter Siemensofen. *a* Gaszuleitung, *b l* Zirkulationsmantel.

Es wird nämlich die mit den Rauchgasen abziehende Wärme zur Vorwärmung der Verbrennungsluft verwandt oder die Wärme wird mit der gewonnenen regeneriert und somit eine größere Lichtwirkung erzielt bei wenig Gasverbrauch. Bei den Gasöfen ist zwar die Bezeichnung Regeneration nicht ganz richtig, da durch die größere Helligkeit eine Erhöhung des Nutzeffektes nicht erfolgt, sondern nur die Art der Wärmeabgabe wird zu Gunsten der strahlenden Wärme geändert. Der Regenerativofen giebt viel Wärme durch direkte Strahlung ab, wodurch der Fußboden und die unteren Teile des Raumes zweckmäßig erwärmt werden, also die Wärme wird dort nutzbar gemacht, wo sie am notwendigsten gebraucht wird.

Die bei *b* brennenden leuchtenden Flammen biegen oben um, die Rauchgase nehmen den durch Pfeile angedeuteten Weg *d*, *f*, *g* nach dem Kamin. Die Vorwärmung der Verbrennungsluft erfolgt durch die hocherhitzte Wand des ersten Zuges und die gegenüberliegende durch Strahlung erwärmte Wand *C*.

Reflektoröfen.

Die am meisten angewandten und beliebtesten Gasöfen sind gegenwärtig wohl die Gaskaminöfen. Sie haben das Aussehen und erwecken

durch Reflektoren den Eindruck der alten gemütlichen Kamine mit offenem Feuer (vergl. S. 124 ff.).

Der älteste ist der französische Jacquet'sche Reflektorkamin. Er besteht aus einem vorn offenen Kasten, in dem oben eine Reihe leuchtender Glasflammen brennt, die ihre Strahlen auf eine Kupferplatte werfen, die als Reflektor dient und die Strahlen in demselben Winkel, in dem sie aufgefallen sind, nach dem Fußboden etc. reflektiert. Die Abgase gingen hier sogleich nach dem Schornstein, weshalb die Ausnutzung des Gases nur eine verhältnismäßig geringe war.

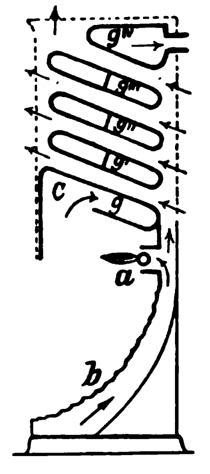


Fig. 91. Warsteiner Reflektorofen.

Eine weitere Ausnutzung der Abgase wird durch Leitung derselben durch Blechkästen erzielt. Einen derartigen Ofen zeigt Fig. 91. Es ist der Warsteiner Reflektorofen. Die bei *a* brennenden Flammen bestrahlen erst den Reflektor *b* und die Rauchgase ziehen durch die Blechkanäle g, g^{I}, g^{III}, g^{IV} nach dem Schornstein, um noch die nutzbare Wärme abzugeben.

Friedrich Siemens-Dresden verbindet sein Regenerativprinzip mit dem Reflektorprinzip. Dieser Ofen (Fig. 92) wird jetzt an Stelle des S. 325 beschriebenen ausschließlich angewandt. Die bei *a* brennenden Flammen erhalten die vorgewärmte Luft durch den vom Reflektor *b* und von Tasche 1 begrenzten Raum. Die Abgase nehmen den Weg durch die Blechkästen 1 bis Rauch-

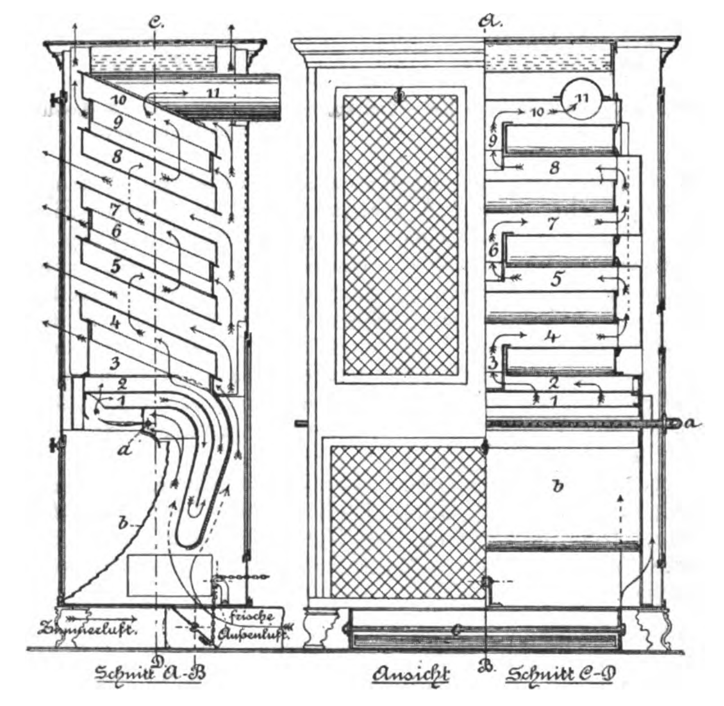


Fig. 92. Siemens Reflektorofen.

rohr 11. Zwischen den Kästen streicht je nach Stellung der Wechselklappe unter dem Ofen Zimmerluft oder frische Außenluft hindurch.

Wird die Vorwärmung der Verbrennungsluft bei Siemens-Dresden durch die Tasche 1 bewirkt, so wird bei Schäffer und Walcker (Fig. 93) die Vorwärmung in dem Kanale *o*, der durch das über den Flammen liegende Strahlblech und den ersten Zug begrenzt und erwärmt

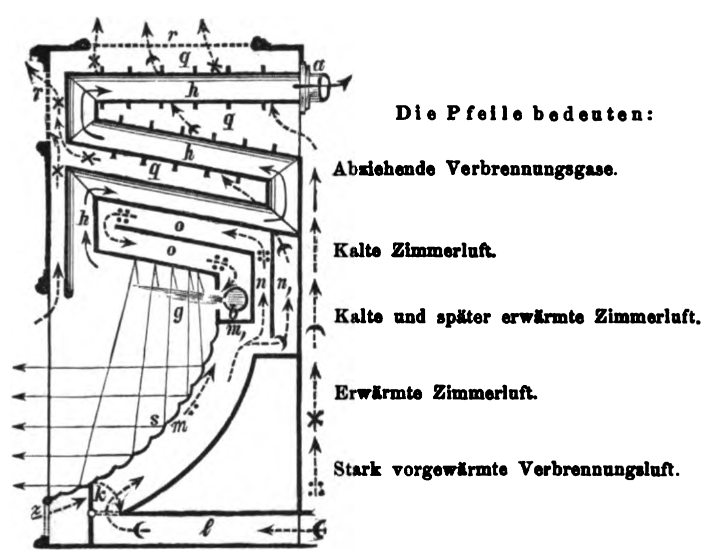


Fig. 93. **Reflektorofen von Schäffer und Walcker.** *a* Schornsteinansatz, *b* Frischluftkanal, *c* röhrenförmiger Gasbrenner, *h* Rauchkanäle, *k* Wechselklappe, *m* Rückwand des Strahlenschirmes, *n* Kanal für die Verbrennungsluft, *o o* Vorwärmkammer, *q* Luftkanäle, *r* Luftausströmungsgitter, *s* Strahlenwerfer, *z* Eintritt der Zimmerluft.

wird, bewirkt; das übrige ist aus der Fig. ohne weiteres verständlich. Schäffer und Walcker nennen ihren Ofen Doppelregenerativofen.

Die Gasheizungsfirmen wetteiferm in der geschmackvollen Herstellung der Oefen. Die Fig. 94 zeigt uns die Ausführung eines Schäffer und Walker'schen Reflektorofens.

Die übrigen Gasöfen gleichen mit wenig Abänderungen den eben beschriebenen Konstruktionen.

Nachdem die einzelnen Oefen besprochen sind, können sich die Bemerkungen über die Rentabilität die Vor- und Nachteile der Gasheizung anschließen (vergl. S. 123 ff.).

Die bei der Verbrennung des Gases (S. 323) frei werdenden 5241 W.-E. werden nur dann vollkommen für den Raum nutzbar gemacht, wenn das Gas frei im Raum verbrennt und die Abgase im Raum bleiben.

Aus gesundheitlichen Rücksichten ist jedoch die Abführung der Abgase geboten [18].

Je mehr den Abgasen die Wärme durch die Rauchkästen entzogen wird, je besser ist der Nutzeffekt des Ofens.

Nach den Versuchen von Bunte und Burtschell [6] sinkt der Nutzeffekt bis 29 % Ausnutzung der Verbrennungswärme, bei den besseren Oefen schwankt derselbe zwischen 60 % und 85 %.

Der Heizwert jeder Gasart ist verschieden, aber selbst der Heizwert ein und derselben Gasart schwankt täglich und stündlich. Bueb[7] fand in derselben Stadt Schwankungen des Heizwertes von 20 % in einem Tage, so daß der Rentabilitätsberechnung stets der Mittelwert zu Grunde zu legen ist.

Die beifolgende Tabelle enthält mittelst des Junker'schen Kalorimeters gefundene Werte. Die Zahlen geben die praktische oder nach Vorschlag Rubner's die natürliche[8] Verbrennungswärme an, d. h. die Verbrennungswärme nach Abzug der Kondensationswärme des Wasserdampfes.

Dessau	4650 W.-E.
Erfurt	4850 „ „
Halle	5011 „ „
Leipzig	4797 „ „
Bremen	5434 „ „
Frankfurt a. M.	6700 „ „
Oelgas der Riebeck'schen Montanwerke	9882 „ „
Reines Kanelgas in Bremen	5963 „ „
Wassergas in Frankfurt a. M.	2385 „ „
Dawson-Gas	1312 „ „

Das Ergebnis der Rentabilitätsberechnung der Gasheizung ändert sich für jede Stadt und wird bestimmt durch den Preis des Heizgases (p), seinen Heizwert (h) und den Nutzeffekt (n) des anzuwendenden Ofens.

Es ist also der Preis (P) in Pfennigen für nutzbar gemachte 10000 W.-E.

$$P = \frac{10000 . p}{h . n} \text{ Pf.}$$

Der Preis des Heizgases, der bei der Rentabilität der Gasheizungsanlagen einen ausschlaggebenden Faktor bildet, ist sehr verschieden.

Die billigsten Preise fordern die Naturgasgesellschaften in Nordamerika[9], da die Produktionskosten vollkommen wegfallen, denn das Gas strömt aus der Erde heraus und braucht nur nach der Verbrauchsstelle geleitet zu werden.

Der cbm kostet 7,2 Pf., trotz dieses niedrigen Preises ist es nicht möglich, eine allgemeine Einführung der Gasheizung zu erlangen.

Nicht einmal in Detroit (Mich.), wo 1 cbm 4,9 Pf. kostet, können die industriellen Anlagen mit Gasbetrieb bestehen. Eine andere

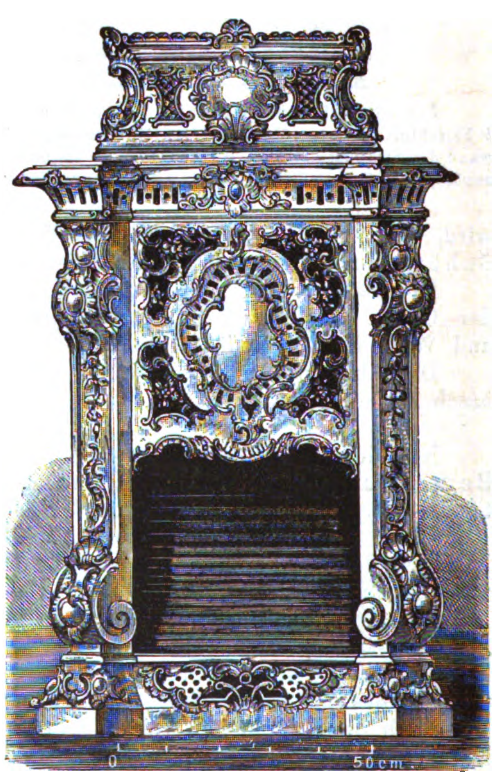


Fig. 94. Ausstattung eines Reflektorofens.

Stadt giebt das Gas für technische Zwecke zu 1,8 Pf. ab, aber selbst diesen Preis können nur wenige bezahlen, um mit der Kohlenfeuerung zu konkurrieren.

Um für deutsche Verhältnisse einen Vergleich zwischen Gas und festen Brennmaterialen zu erhalten, sind unter Berücksichtigung der hauptsächlichsten preisbeeinflussenden Faktoren die nachfolgenden Tabellen zusammengestellt worden.

In denselben ist der Geldaufwand in Pfennigen für 10000 für die Erwärmung nutzbar gemachten W.-E. für Dresdner Verhältnisse aus dem Winter 1893/94 enthalten.

A. Feste Brennmaterialien.

Geldaufwand in Pf. für 1000 nutzbar gemachte W. E.

1	2.	3.	4.	5. Böhm. Braunk.			6. Dresd. Steink.			7. Zwickauer Steink.			8. Dresdener Coke		
Verwendungsart	Ausnutzung des theoret. Brennwertes in Proz.	Mittelwerte in Proz.	Th. Brennwert in W. E.	4500*)			5570*)			6890*)			4500		
				Preise pro kg einschl. Transport und Abfuhr der Asche											
			a) Detail (kl. Bezug)	1,205 Pf.			1,81 Pf.			2,14 Pf.			1,7 Pf.		
			b) Engros (Wagen)	0,955 „			1,63 „			1,95 „			1,6 „		
			c) Massenbezug (Waggon oder Schiff)	0,76 „			1,61 „			1,69 „			—		
	in %	in %		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
				Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.	Pf.
Familien-Küchenöfen	5—15	10		26,8	21,2	16,9	32,5	29,3	28,9	31,06	28,3	24,53	37,78	35,55	—
Gewöhnliche Kachelöfen	20—30	25		10,7	8,5	6,8	13,0	11,7	11,5	12,44	11,34	9,9	15,2	14,3	—
Bess. eis. Füllöfen u. Dauerbadöfen	30—50	40		6,7	5,3	4,2	8,15	7,32	7,2	7,8	7,1	6,15	9,4	8,9	—
Centralheizung	40—60	50		5,25	4,25	3,4	6,04	5,85	5,75	6,2	5,7	4,9	6,9	6,5	—
Industrielle Anlagen	50—80	65		4,1	3,26	2,6	5,0	4,5	4,45	4,8	4,35	3,76	5,8	5,45	—

*) E. Schlippe: *Der Dampfbetrieb* 1892, 57.

B. Gasförmige Brennmaterialien.

Geldaufwand in Pfennigen für 10 000 nutzbar gemachte W. E.

1. Ausnützung des Ofens (Proz.)		2. Dresden	3. Dessau	4. Dresden
	Brennwert pro cbm	5200 W. E.	4650*) W. E.	5200 W. E.
	Preis pro cbm für Heizzwecke	12 Pfg.	11 Pfg.	7 Pfg. (Selbstkosten)
		Pfg.	Pfg.	Pfg.
100		23,08	23,65	13,46
88,7		26,04	27,0	15,2
71,8		32,17	33,5	18,76
29,4		78,4	81,6	45,75

*) Bunl, *Ueber die Heizwertbestimmung gasförmiger Brennstoffe, Journ. f. Gasbel.* 1893, 83.

In vorstehender Tabelle konnten die Bedienung, die Annehmlichkeiten, welche die Gasheizung sonst noch bietet, nicht preislich berücksichtigt werden, da dieselbe in jedem einzelnen Falle anders zu schätzen sind. Ferner konnte die günstige Wirkung der strahlenden Wärme für periodisch benutzte große Räume nicht berücksichtigt werden. Sie zeigt jedoch, daß für Kochzwecke, besonders für Hausküchen, die Gasheizung preislich überlegen ist. Für Kachelofenheizung, besonders wo die Kohlen billig sind, wird die Gasheizung in den meisten Fällen schwer konkurrieren können. In allen anderen Fällen, besonders bei dem ununterbrochenen Betriebe, ist sogar bei Berechnung des Gases für Selbstkostenpreis die Gasheizung teurer als die Heizung mit festen Brennmaterialien.

Trotz dieser hohen Betriebskosten findet die Gasheizung in neuester Zeit vielfach Verwendung, was sie einer Reihe von Vorteilen verdankt, von denen als meistgenannte die folgenden zu bezeichnen sind:

1) Die Anlagekosten sind billiger als bei der Centralheizung.

2) Die Bequemlichkeit des Einbauens bei vorhandener genügend starker Gasleitung.

3) Die rasche Anheizung.

4) Die einfache Bedienung.

5) Die Vermeidung von Rauch und Ruß.

6) Ein Kohlenlager und der Transport von Kohlen und Asche sind nicht erforderlich.

Ueber die einzelnen Vorteile sollen einige Bemerkungen in derselben Reihenfolge gemacht werden.

1) Die Anlagekosten stellen sich, wenn man dieselben strengen Forderungen erfüllt, welche die Hygiene an eine gute Heizanlage stellt, nicht bedeutend billiger als eine Niederdruck-Dampfheizungsanlage und teurer als eine Mantelofenanlage.

2) Die für die Beleuchtung bemessenen Rohre genügen meist nicht für den Anschluß der Gasöfen, und müssen dann meist neue Gasleitungen gelegt werden.

3) Die Gasöfen mit Strahlenwerfern wärmen vornehmlich deshalb so rasch, weil sie die Wärme direkt auf die Gegenstände übermitteln ohne die Hilfe des Zwischenmediums „Luft“. Die übrigen Gasöfen heizen in ganz ähnlicher Weise an wie die eisernen Oefen.

4) Die Bedienung besteht in weiter nichts als im Anzünden des Ofens. Die Reinhaltung und die Bedienung der mit der Heizung verbundenen Luftheizungsanlage sind jedoch als wichtige Faktoren der Bedienung nicht zu vergessen.

Einer allgemeinen Einführung der Gasheizung stehen jedoch außer den bereits oben besprochenen hohen Betriebskosten noch verschiedene mit derselben vorläufig schwer trennbar verbundene Nachteile entgegen, die zum Schluß noch Erwähnung finden sollen.

Als solche sind zu nennen:

1) die Gefahr, daß sich Leuchtgas der Luft des Hauses beimischt.

2) die Gefahr, daß sich Verbrennungsprodukte der Luft des Zimmers beimischen.

3) die Schädigung des Gebäudes durch Gaswasser.

4) zu heiße Heizflächen.

5) schnelles Verrosten der Rauchkasten.

1) Die Gefahr, daß sich Leuchtgas der Luft des Hauses

beimischt, ist darin begründet, daß die Gasleitungen nicht absolut dicht herzustellen sind. Das Leuchtgas wird aber durch den Geruchsinn erst wahrgenommen, wenn bereits 0,02 Proz. Leuchtgas in der Luft enthalten sind.

2) Die sichere Ableitung der Verbrennungsprodukte ist, wie die Untersuchungen der Gasheizkommission[10] ergeben haben, nicht bei allen Konstruktionen gesichert, und schlechter Zug, große Schornsteine[11] erschweren den Abzug noch beträchtlich.

3) Eine bedeutende Gefahr erwächst durch das sich bei jeder Anheizung und besonders bei schwachem Betrieb stark bildende Kondenswasser, das die Mauern durchnäßt und mit schwefliger Säure durchtränkt.

Bei Neubauten sollte man stets glasierte Thonröhren als Abzugskamine vorsehen und, um den schwachen Betrieb zu vermindern, zwei Oefen in einem Raum aufstellen, von denen bei mäßigem Betriebe nur einer brennt.

4) Zu heiße Heizflächen versengen die Staubteilchen der Luft und geben derselben einen unangenehmen Geruch, mögen diese versengten Staubteilchen direkt gesundheitsschädlich sein oder nicht. Der Aufenthalt in derartig geheizten Räumen wird nie ein angenehmer und behaglicher sein. Beraneck[12] in Wien macht die Wahl des Heizsystems direkt von der Heizflächentemperatur abhängig.

5) Das bereits oben erwähnte, mit schwefliger Säure vermischte Kondenswasser zerstört die dünnen Bleche der Rauchzüge sehr rasch, so daß der Amortisationsfaktor nicht zu niedrig zu bemessen ist.

Ueber die in jüngster Zeit angewendeten verbleiten Rauchkästen liegen Erfahrungen von genügender Dauer noch nicht vor.

Aus den Erörterungen über die Betriebskosten, die Vor- und Nachteile der Gasheizung erscheint mir die Schlußfolgerung berechtigt, daß die Verwendung des Gases zur Raumheizung nur für einzelne spezielle Fälle zu empfehlen ist, wo die Vorzüge der Gasheizung, besonders die zweckmäßige Ausnutzung der strahlenden Wärme voll zur Geltung, die Nachteile nicht in Betracht kommen.

In allen anderen Fällen ist die Verwendung von Coke in guten Dauerbrandöfen und eine richtig angelegte und bediente Centralheizungsanlage der Gasheizung vorzuziehen.

1) **Dicke**, *Ueber Wassergas und dessen Verwendung* (*Journ. f. Gasbel. u. W.* 1893, *S.* 545).
2) *Bericht der Heizkommission*, „*Journal f. Gasbel. u. Wasservers.*“ 1892, *No.* 5.
3) **Rubner**, *Arch. f. Hyg*, *Bd.* 23 *H.* 2.
4) **Hempel**, *Schilling's Journ. f. Gasbel. u. Wasserg.* 1895.
5) **Rubner**, *Archiv f. Hyg.*. 23. *Bd.* S. 334.
6) **Bunte** *und* **Burschell**, *J. f. Gasbeleuchtung u. W.* 1892, *S.* 80; *ferner Versuche im Laboratorium der Kölner Gasfabrik*, *J. f. Gasbel. u. W.* 1893, *S.* 596.
7) **Bueb.** *Ueber die Heizwertbestimmungen gasförmiger Brennstoffe*, *J. f. Gasbel. u. W.* 1893, *S.* 88.
8) **Rubner**, *Archiv f. Hygiene*, 23. *Bd.* 333.
9) **W. v. Oechelhäuser**, *Die Gasindustrie in den Vereinigten Staaten von Nordamerika*, *J. f. Gasbel. u. W.* 1894, *No.* 24.
10) *Journ. f. Gasbel.* 1892, 58.
11) *Journ. f. Gasbel.* 1893, 595.
12) **Beraneck**, *Neubauten u. Konkurrenzen in Oesterreich u. Ungarn* 1895, 41.
13) **Roller**, *D. Viertelj. f. öffentl. Gesdpfl.* (1889) 21. *Bd.* 604; **R. Knorr**, *Arch. f. Hyg.* 11. *Bd.* 86 (1890). *Vergl. dagegen* **Meidinger** *im Bericht über den Kongreß des Deutsch. Ver. f. öff. Gesundheitspfl. zu Stuttgart* 1895.
Wobbe, *Ueber Gaskoch- u. Heizapparate*, *Journal für Gasbel. u. Wasserltg.* 1882, 619.
Fischer, F., *Verwendung des Leuchtgases zur Wärmeentwickelung*, *Polyt. Journ.* 249. *Bd.* 374.
Wobbe, *Mittlg. über Gas-, Koch- und Heizapparate*, *Journ. f. Gasbel.* 1883, 638.
Fanderlik, *Elemente für Lüftung u. Heizung*, 1887, 106.
Wobbe, *Die Verwendung des Gases zum Kochen, Heizen etc.*, *München* 1885.
Randohr, L., *Das Leuchtgas als Heizstoff in Küche u. Haus*, *Haarmann's Zeitschr. f. Bau* 1887, 46, 49, 57, 67, 75, 81, 89, 100, 110.

Reichard, *Heizung mit Leuchtgas für die Karlsruher Schulöfen, Journ. f. Gasbel. u. Wasserltg.* 1890, *S.* 2.
Niemann, *Ist das Heizen und Kochen mit Gas noch zu teuer? Dessau* 1892.
Fischer, F., *Feuerungsanlagen, Karlsruhe* 1889.
Haesecke, E., *Die Schulheizung etc., Berlin* 1893.
Schweickhart, *Vorzüge des Leuchtgases als Heizstoff, Gastechniker* 1893, 20. *Bd. No.* 7.
Meidinger, *Gasheizung u. Gasöfen, Badische Gewerbezeitung* 1894 *No.* 1—23.

Anhang.

Kanalheizung.

Die Kanalheizung ist nichts weiter als eine Ofenheizung mit einem sanft ansteigenden horizontalen Zuge, der direkt nach dem Schornstein führt. Dieser Zug besteht entweder aus einem gemauerten Kanal unter dem Fußboden oder aus an der Wand liegenden Rohren. Diese Heizung wurde früher vielfach für Kirchen, Treibhäuser etc. angewandt, ist jetzt aber durch die neueren Systeme fast gänzlich verdrängt.

II. Sammelheizung (Fernheizung, Centralheizung).

a) Allgemeines.

Die große Zahl der Feuerungen in ausgedehnten öffentlichen Gebäuden führte bei der örtlichen Heizung dazu, 2—3 Räume durch einen Ofen zu heizen. So erhielt man bereits eine kleine Sammelheizung (siehe Fig. 95). War damit auch die Zahl der Feuerstätten vermindert, so blieben die Schwierigkeiten des Kohlen- und Aschetransportes für die verschiedenen Stockwerke und die damit zusammenhängenden Nachteile bestehen. Diese Umstände und besonders der Raummangel für genügend große Mantelöfen in den Zimmern waren der Anlaß, weshalb man alle Oefen nach dem Keller verlegte. Die Mäntel in den Räumen können jetzt flach in die Wand gesetzt werden (siehe Fig. 96) und haben nur noch die für die Zimmererwärmung günstige Strahlung zu leisten.

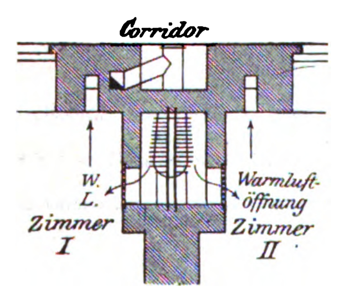


Fig. 95.
Sammelheizung für zwei Zimmer.

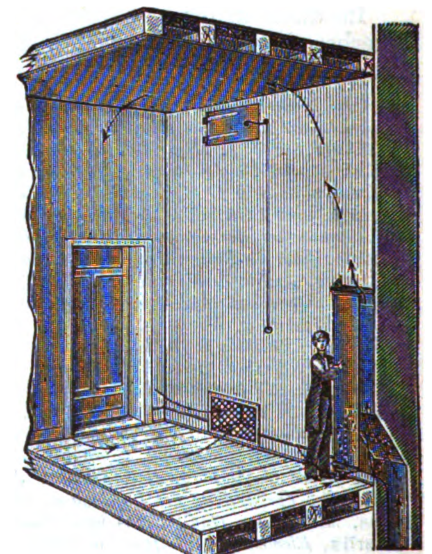


Fig. 96. Heizluft.
Luftheizung mit warmem Mantelkörper.

Diese vielen einzelnen Oefen senkrecht unter dem Warmluftzuführungskanal des zu heizenden Raumes werden kaum ausgeführt, sondern man vereinigt einzelne Oefen in einem größeren Heizapparat (Kalorifer), welchen eine Heizkammer, von der aus die warme Luft durch Kanäle verteilt wird, umschließt.

Man nennt eine derartige Sammelheizung Luftheizung, da der Träger der Wärme ausschließlich Luft ist.

Statt die Luft als Träger der Wärme von der Centralwärmequelle aus nach den einzelnen Verbrauchssorten zu verwenden, kann man auch Wasser oder Dampf zur Fortleitung der Wärme nach den dann in den Zimmern aufgestellten Heizkörpern verwenden.

Die charakteristischen Merkmale der hierbei entstehenden verschiedenen Heizungssysteme sind kurz die folgenden:

Warmwasserheizung.

Die Niederdruckwarmwasserheizung. Das wärmeleitende Wasser kann, da das System mit der freien Atmosphäre in offener Verbindung steht, nie höher als bis auf 100° C erwärmt werden.

Die Mitteldruckwarmwasserheizung. Die freie Verbindung mit der Atmosphäre ist aufgehoben, der Druck und somit die Temperatur des Wassers kann bis etwa 2—3 Atmosphären oder auf 120—130° C gesteigert werden.

Heißwasserheizung.

Die Hochdruckwasserheizung, nach ihrem Erfinder auch Perkinsheizung genannt, besteht nur aus starkwandigen Röhren von gleichem Durchmesser. Das Ganze wird mindestens auf 150 Atmosphären geprüft.

Die Temperatur des Heißwassers beträgt selten über 150° und nimmt ab mit der Entfernung des Rohrweges von der Feuerspirale.

Dampfheizung.

Die Dampfheizung benutzt als Wärmeträger den Dampf; derselbe kann auf weite Entfernungen hingeleitet werden und giebt an der Verbrauchststelle durch Kondensation die latente Wärme ab.

Ist der Druck des Dampfes höher als 0,5 Atmosphären Ueberdruck, so bezeichnet man das System als Hochdruckheizung, und die Kessel dieser Art unterliegen der Staatsaufsicht. Ist der Druck niedriger als 0,5 Atmosphären, steht also der Kessel durch ein 5 m hohes Standrohr mit der Atmosphäre in freier Verbindung, so spricht man von Niederdruckdampf-, Wrasen- oder Dunstheizung. Letztere ist konzessionsfrei.

Die kombinierten Heizungen haben meist den Zweck, durch die Vorteile des einen Systems die Nachteile des anderen zu vermindern oder ganz aufzuheben.

So ersetzt man bei der Luftheizung den Feuerluftheizapparat, der leicht zum Glühen kommt, durch Heizkörper aller übrigen Systeme und nennt die Heizungen dann Dampfluftheizungen, Heißwasserluftheizungen, Warmwasserluftheizungen.

Die Möglichkeit, den Dampf auf große Entfernungen fortleiten zu können, benutzt man bei großen Anlagen zur Centralisation der Wärmeentwickelung in großen Dampfkesseln, von wo aus der Dampf erst wieder zur Erwärmung von Heizungen aller Art in den verschiedenen Gebäuden verteilt wird. So entstehen die Dampfwarmwasserheizungen, Dampfwasserheizungen, Dampfniederdruckdampfheizungen u. s. w.

Die *Vorteile der Sammelheizungen* sind vornehmlich:

1) Die Entfernung des Feuers aus den einzelnen Räumen und damit Verminderung der Feuersgefahr.

2) Die Erhaltung des oft sehr wertvollen Platzes in den Zimmern, der sonst von großen Oefen eingenommen würde.

3) Die Bedienung wird übersichtlicher, besonders aber fällt die Verunreinigung des Gebäudes und die Störungen durch die Heizer weg.

4) Die Ausnutzung des Brennmaterials in einer leicht zu beobachtenden, gut durchdachten und angelegten Feuerstelle ist besser als in verschiedenen kleinen und zerstreuten Oefen. Manche Kachelöfen nützen das Brennmaterial nur mit 20 Proz. des Brennwertes aus[1].

5) Man kann die Sammelheizungen so groß bemessen, daß sie bei strengster Kälte die Zimmer nicht nur genügend erwärmen, sondern auch noch eine beträchtliche Lüftung und genügende Befeuchtung zulassen.

Als *Nachteile* kann man geltend machen:

1) Die Erstanlage ist kostspieliger als die einer gewöhnlichen Ofenheizung.

2) Zur Ausführung einer Sammelheizung gehört ein großer Fonds technischen Wissens, wenn die Anlage allen Ansprüchen genügen soll.

3) Bei den Wasser- und Dampfheizungen sind unvermeidliche Wärmeverluste im Keller und oft auch im Dachboden durch die daselbst verlegten Leitungsrohre vorhanden.

1) **Ferd. Fischer**, *Feuerungsanlagen* (1889) 11.

b) Luftheizung.

Die Luftheizung ist diejenige Heizungsart, welche am verschiedenartigsten beurteilt wird. Berlin entfernt die alten Luftheizungen und ersetzt dieselben durch Wasserheizungen, andere Städte haben sie beibehalten und führen die Luftheizung noch weiter aus, und Wien[1] beginnt jetzt wieder nur Luftheizungen für die Schulen zu bauen.

Es ist daher wohl statthaft, einige Worte den Vor- und Nachteilen der Luftheizung zu widmen.

Ihr Hauptfehler besteht darin, daß Lüftung und Heizung, an die im einzelnen ganz verschiedene, ständig wechselnde Ansprüche gestellt werden, untrennbar miteinander zusammenhängen. Die Lüftung hat sich nach der jeweiligen Besetzung und Benutzung, die Heizung aber nach der ständig wechselnden Wärmeabgabe des Raumes zu richten.

Für gleichbesetzte Räume, wie Schulklassen ist die Lüftungsgröße stets gleich, der Wärmebedarf aber entsprechend der Außentemperatur, Sonnenschein, Wind und Regen, schwankend.

Es ist daher erforderlich, mit gleichen Luftmengen verschiedene Wärmemengen zu fördern, d. h. die Temperatur der zuzuführenden Luft muß dem Wärmebedarf entsprechend geregelt werden.

Werden von einer Heizkammer aus Räume erwärmt und gelüftet, die zwar gleiche Luftmengen, aber verschieden erwärmte Luft benötigen, etwa ein Eck- und ein Mittelzimmer, so muß die höchste

erforderliche Temperatur, also hier die Heizlufttemperatur, für das Eckzimmer in der Heizkammer hergestellt und die für die übrigen Räume notwendige Temperatur durch Mischung mit kühlerer Luft erzielt werden.

Zum Zweck der Luftmischung sind die Warmluftkanäle rückwärts bis in den Kaltluftraum der Heizkammer verlängert. Durch die weiter oder enger stellbare Oeffnung des Mischschiebers wird entsprechend kalte Luft mitgerissen, welche durch Vermischung mit der warmen Luft die Temperatur derselben vermindert.

Die Bedienung und Regelung dieser Mischeinrichtungen muß mit Ueberlegung und Sorgfalt geschehen, was jedoch nicht immer zu erwarten ist.

Der zweite Uebelstand der Luftheizung ist die Abhängigkeit derselben von den Winden.

Bei scharfem, auf die ganze Außenmauer drückendem Winde ist es oft nicht möglich, selbst bei forciertem Heizen die dem Winde ausgesetzten Zimmer zu erwärmen.

Man legt deshalb, um sich gegen den Winddruck einigermaßen zu schützen, für jede Heizkammer zwei entgegengesetzte Lufteinströmungen an, von denen stets die dem Winde zugekehrte geöffnet wird, oder man muß mit Umluft heizen.

Was die so viel beklagte Trockenheit der Luft anbetrifft, so verweise ich auf den Abschnitt „Befeuchtung“ S. 274, und bemerke hier nur, daß die Luftheizung bei **gleicher** Lüftungsgröße die Luft nicht mehr austrocknet als jede andere Heizungsart.

Der Mangel einer milde strahlenden warmen Fläche macht sich bei Luftheizung oft im Raume bemerkbar; es trägt daher die Anordnung von Käuffer & Co. (Fig. 96), wonach warme Luft hinter einem flach an der Wand stehenden Blechmantel austritt, der dadurch mild erwärmt wird, viel zur Behaglichkeit des Zimmers bei.

Der Betrieb wird kostspielig, erstens wenn mit kalter Außenluft, d. h. mit Lüftung angeheizt wird, zu einer Zeit, wo der Raum noch gar nicht benutzt ist, und zweitens wenn die zum Heizen notwendige Luftmenge größer ist als die zum Lüften des Raumes erforderliche.

Diesen mit dem System verbundenen **Nachteilen,** Untrennbarkeit von Lüftung und Heizung und dadurch entstehende schwere Bedienung, Windstörungen und kostspieliger Betrieb, stehen die beträchtlichen **Vorteile** der selbstthätigen Lüftung — denn wer die Lüftung unterdrückt, hebt zugleich die Wärmezufuhr auf — und der Billigkeit der Neuanlage entgegen.

Eine Luftheizung kann, sobald sie in allen Teilen richtig ausgeführt ist und gut bedient wird, zufriedenstellende Resultate geben.

Die **Abneigung des grossen Publikums** gegen die Luftheizung ist durch schlecht ausgeführte Anlagen erzeugt worden. Die einzelnen Vorräte gegen die Luftheizung sollen im folgenden näher beleuchtet werden.

Die ungenügende Erwärmung bei einigermaßen kalten Tagen, die großen Temperaturunterschiede zwischen Fußboden

und Decke sind den zu klein vorgesehenen Apparaten, ferner der ungünstigen Anordnung der Heizkammern und den meist viel zu eng bemessenen Kanälen zuzuschreiben. Unter solchen Bedingungen müssen die Apparate angestrengt, ja zum Glühen gebracht werden; die Luft erwärmt sich hoch, oft bis 100° C. und darüber und die auf den hocherwärmten Heizflächen abgelagerten, und in der Luft schwebenden Staubteilchen gelangen zur Destillation und teilen der Luft den brenzligen Geruch mit. Diese Destillationsprodukte erregen in der Kehle hauptsächlich das Gefühl der Trockenheit, während die wirkliche Lufttrockenheit — ein geringer relativer Feuchtigkeitsgehalt — meist gar nicht so unangenehm empfunden wird.

Der meist unerklärliche dumpfige Geruch entsteht vielfach durch Beimischung von Grund- und Kellerluft, denn die Hauptzuluftkanäle liegen meist beträchtlich unter Kellersohle, obendrein sind dieselben noch feucht und saugen zufolge des in ihnen herrschenden Unterdruckes die Grundluft an. Die dünnen, luftdurchlässigen Umfassungswände der Heizkammer gewähren der Kellerluft leichten Eingang. Grund-, Keller- und Frischluft, gemischt und hoch erwärmt, müssen dann von den Zimmerinsassen eingeatmet werden. Aus diesen Gründen werden in neuerer Zeit fast ausschließlich oberirdische Kanäle und möglichst dichte Kammern gebaut.

Außer der zweifelhaften Güte der Luft, den ungünstigen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen belästigt die Luftheizung vielfach bei unzweckmäßiger Anordnung und Größe der Ein- und Ausströmungsöffnungen durch Zugluft.

Zeigen die obigen Ausführungen, wie schwer es ist, eine allen Anforderungen der Technik und Hygiene genügende Luftheizung zu bauen, und ermahnen sie, die Ausführung derselben nur sachverständigen Specialisten zu übergeben, so soll andererseits nicht unerwähnt bleiben, wie selbst die bestdurchgeführte Anlage durch schlechte Bedienung ungenügende Resultate liefern kann.

Die Möglichkeit, die Luft des Raumes schnell bis auf die meist vorgeschriebenen 20° C. zu erwärmen. verleitet die Heizer, spät anzuheizen. Die Wände nehmen jedoch, wie bereits oben (S. 294) erwähnt, die Temperatur nicht so schnell an, und so kommt es, daß man trotz der genügenden Lufttemperatur im Zimmer fröstelt.

Vielfach werden die Heizer noch zu anderen Dienstleistungen herangezogen und besorgen die Feuerung in verschieden langen Zwischenräumen, die Temperatur der Räume schwankt dementsprechend ständig.

Die Notwendigkeit der sorgfältigen Bedienung der Mischvorrichtungen und der Befeuchtung wurde oben dargestellt.

Die Reinlichkeit liegt oft sehr im Argen, weil die Apparate und Heizkammern höchstens jährlich einmal, die Steigekanäle jedoch noch seltener gesäubert werden. Auf die Benutzung der Kaltluftkammer als Speisekammer und andere zufällige Verunreinigungen sei nur kurz hingewiesen.

Würden die Heizer gründlich in der Bedienung geschult, streng überwacht und vor allem derartig bezahlt, daß brauchbare Leute zu erhalten wären, so würden mit guten Anlagen wohl gute Resultate zu erzielen sein.

Anordnung und Ausführung der Luftheizung.

Die Anordnung der Luftentnahme, der Staub- oder Filterkammern, der Heizkammer, Befeuchtung, Mischung und Verteilung der Heizluft ist genau wie bei den S. 267 ff. besprochenen Lüftungsanlagen auszuführen. Nur auf die Bauart der Wärmeentwickeler [2] ist hier noch einzugehen.

Die Heizapparate wurden früher gemauert, jetzt bestehen sie fast ausnahmlos aus Gußeisen.

Die gußeiserne Heizfläche ist entweder glatt oder mit Rippen armiert.

Die gußeisernen Heizapparate — Kalorifere — sind im Grunde genommen nichts weiter als große eiserne Oefen (S. 313).

An diese sind also auch dieselben Ansprüche zu stellen wie an die gewöhnlichen eisernen Oefen:

1) Ein Ueberhitzen der Heizfläche muß ausgeschlossen sein.

2) Die Rauchgase müssen vorteilhaft ausgenutzt werden.

3) Der Apparat soll leicht, und ohne die Heizkammer zu betreten, von Ruß und Flugasche zu reinigen sein.

4) Er muß rauchdicht und in allen Teilen frei beweglich sein.

5) Die Heizfläche darf dem Staube möglichst wenig Gelegenheit zur Ablagerung geben, sie muß leicht zugänglich und reinigungsfähig sein.

Die Fig. 97 zeigt einen Kelling'schen Heizapparat mit glatter Heizfläche.

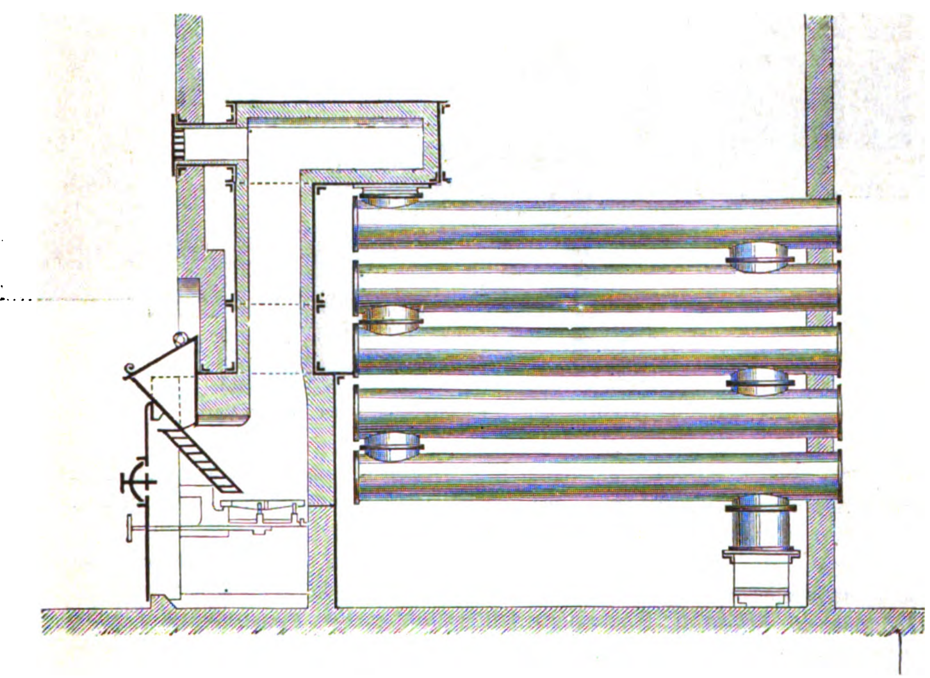


Fig. 97. Kelling'scher Luftheizofen.

Der Feuerraum, der darüber liegende Verteilungskasten und der erste Rohrzug sind mit Chamotte verkleidet.

Die Verbindung der einzelnen Rohre erfolgt durch mit Sand abgedichtete Muffen.

Als Veranschaulichung eines Heizapparates mit gerippter Heizfläche möge der Rietschel-Henneberg'sche Heizapparat (Fig. 98) dienen.

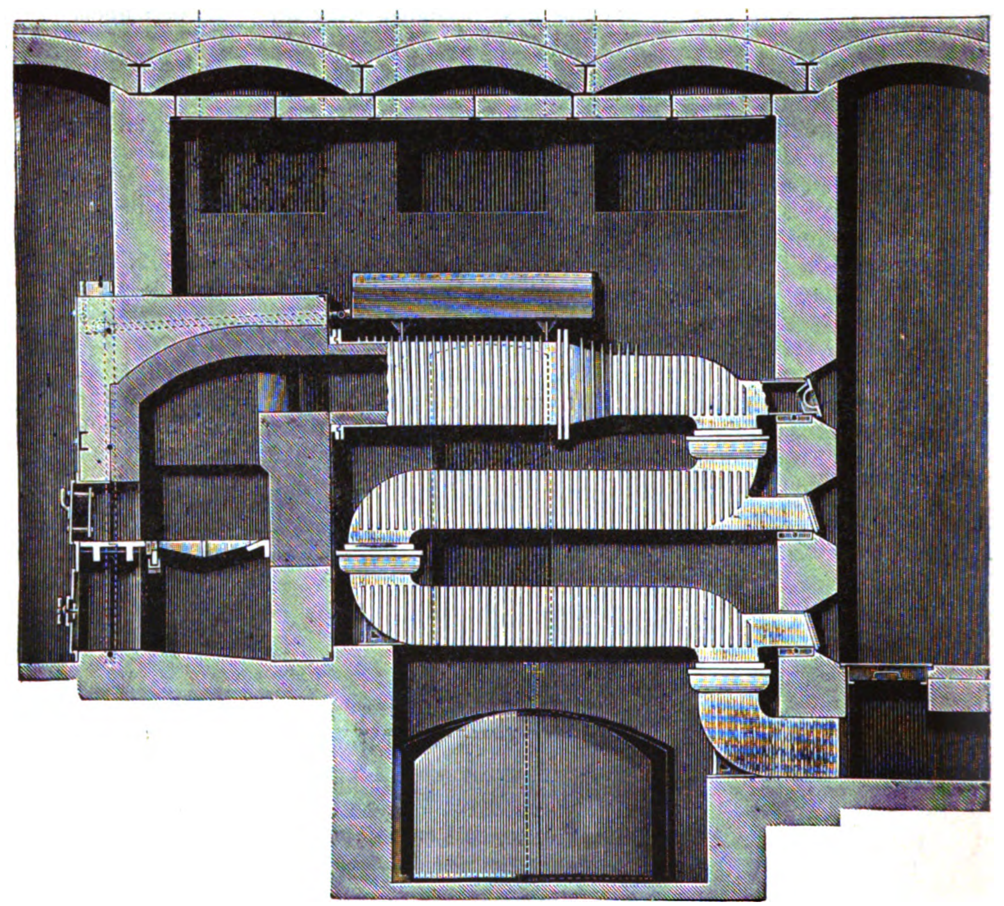


Fig. 98. Rietschel und Henneberg'scher Luftheizofen.

Die Feuerung geschieht hier mit Planrost, sie wird aber auch als Schüttfeuerung ausgeführt, über dem Heizapparat steht die Befeuchtungspfanne, die vom Heizerstand aus gefüllt wird.

Das erste weitere Rohr ist noch mit Chamotte ausgemauert und stark mit senkrechten Rippen armiert, an den ferneren Rohrenden sind die Rippen in größeren Abständen angeordnet, die wagerechten Flächen aber, auf denen sich der Staub am meisten absetzt, sind glatt und leicht zu reinigen.

Bei dem folgenden Apparat, Fig. 99, der hauptsächlich von der Firma Körting ausgeführt wird, stehen die Rippen schräg geneigt, und ist ein Abwischen der Flächen daher ausgeschlossen. Die Heizflächen können nur durch Abblasen gereinigt werden.

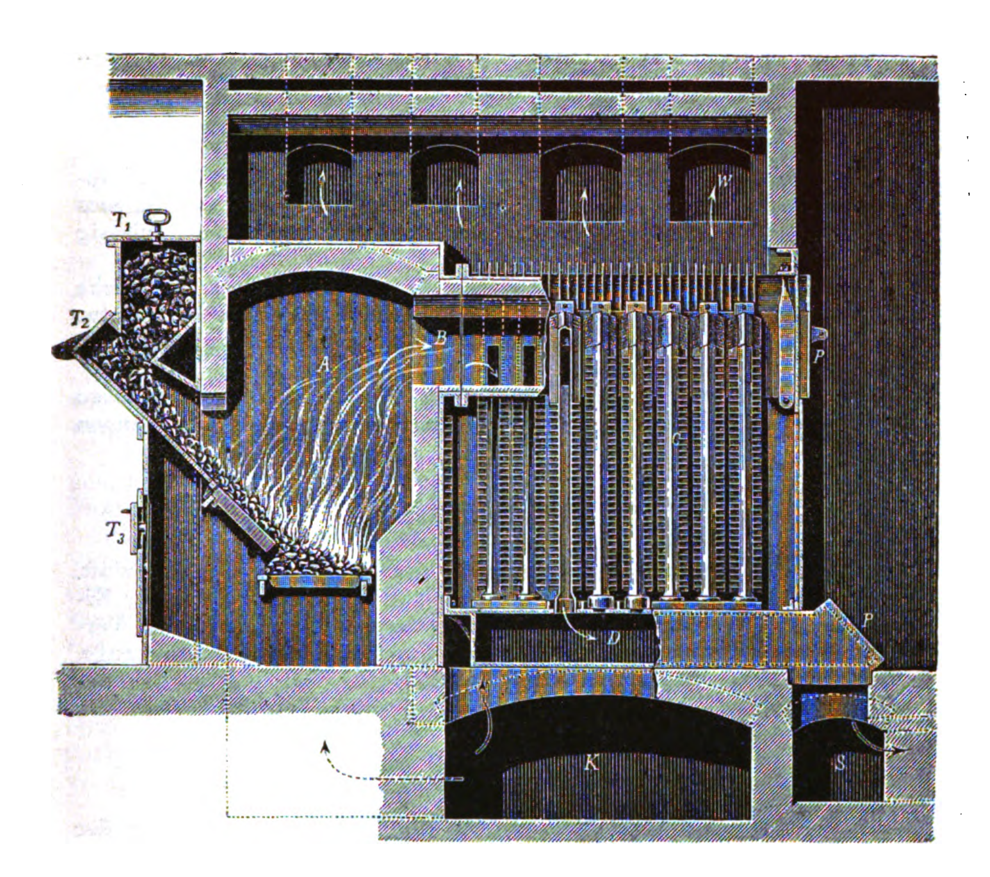


Fig. 99. Körting'scher Luftheizofen.

Die Füllung und Regulierung der im Feueraume A (Fig. 99) verbrennenden Kohle erfolgt durch die Füllöffnungen T_1 und T_2 und die Aschethür mit Regelschraube T_3.

Die Rauchgase nehmen den durch die Pfeile angezeigten Weg durch das obere Verteilungsrohr (B), die rechts und links abgehenden gerippten Batterieelemente (C) nach dem Rauchsammelrohr (D) und von da nach dem Schornstein (S). Die Reinigung des Ofens erfolgt durch die Oeffnungen (P). Die kalte Zuluft strömt durch (K) zwischen die Batterien, erwärmt sich daselbst und wird durch die Kanäle (W) den Räumen zugeführt.

Die beiden letzten Abbildungen zeigen zugleich die Gesamtanordnung einer Heizkammer.

1) **Herm. Beraneck,** *Ueber Lüftung und Heizung, insbes. von Schulhäusern etc.,* *Wien* 1892.
2) **H. Fischer,** *Amerikanische Feuerluftheizungen auf der Weltausstellung in Chicago, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen.* (1893) 1449.

Gang der Berechnung der Luftheizungsanlage[1].

Die als Träger der zur Deckung der Transmission (S. 296) erforderlichen Wärme (W) nötige Luftmenge (L) berechnet sich nach der Formel:

$$L = \frac{W \,.\, (1 - \alpha\, t)}{0{,}306 \,.\, (t' - t)}$$

Hierin bedeuten t die geforderte Raumtemperatur (S. 295), t' die Einströmungstemperatur, dieselbe soll während der Benutzung des Raumes 40° C. nicht übersteigen. Beim Anheizen sind etwa 50° C. als zulässig anzunehmen.

Der Heizapparat muß nun groß genug sein, um das erforderliche Luftquantum bei jeder Außentemperatur auf die Einströmungstemperatur zu erwärmen und das zur Befeuchtung notwendige Wasserquantum zu verdampfen.

Die zu erzielende Gesamtwärmemenge (W) setzt sich also zusammen aus der zur Luftvorwärmung (W_1) und zur Verdampfung (W_2) nötigen Wärme.

Es ist:

$$W_1 = \frac{0{,}306 \,.\, L \,.\, (t' - t_0)}{1 + \alpha\, t}$$

Außer den bekannten Größen bedeutet t_0 die Temperatur der Außenluft.

Ferner ist $W_2 = A \,.\, C$. Hierin bedeutet C die Summe der zur Erwärmung des Wassers von der Anfangstemperatur bis auf die Verdampfungstemperatur und die zur Verdampfung erforderliche Wärmemenge, bezogen auf 1 kg Wasser, A aber die Menge des zur genügenden Befeuchtung erforderlichen Wassers in kg, die sich berechnet nach der Formel:

$$A = \frac{L}{100}\left(p \cdot g - p_0\, g_0\, \frac{1 + t^0}{g + \alpha\, t_0}\right)$$

Hierin bedeuten: p den gewünschten Prozentsatz zur Sättigung der Innenluft, g den Wassergehalt eines cbm Luft von t^0, p_0 den anzunehmenden Prozentsatz der absoluten Sättigung der äußeren Luft von der Temperatur $t_0{}^0$, g_0 den Wassergehalt eines cbm Luft von der Temperatur t_0 bei voller Sättigung in kg.

Als Wärmeabgabe der Heizapparate mit glatter Heizfläche ist 2000 W.E. per qm zu rechnen, mit gerippter 1200—1500 W.E. Eine Vergrößerung der Heizfläche verteuert die Anlage verhältnismäßig nur wenig, giebt aber mehr Sicherheit, daß die Heizfläche nicht übermäßig angestrengt und überhitzt wird.

Als Wärmequelle werden anstatt der Feuerluftheizkörper auch Dampf- oder Warmwasserheizkörper verwandt, über deren Konstruktion in den folgenden Abschnitten gesprochen werden wird.

Ueber die Berechnung der Kanäle verweise ich auf den Abschnitt „Lüftung“ (S. 266).

1) **Rietschel**, *Leitfaden* (1893), 227; **Paul Friedrich**, *Heizung und Lüftung* (1885), 446; **F. Fanderlick**, *Elemente der Lüftung und Heizung* (1887), 113.

c) Warmwasserheizung.

Bei der Warmwasserheizung dient als Wärmeträger das Wasser.

Die Bewegung des Wärmeträgers vom Wärmeentwickeler, dem Kessel (A) (Fig. 100) nach dem Heizkörper (K) und von diesem zum

Kessel zurück beruht auf demselben Gesetz wie die Bewegung der Luft (S. 266).

Das Wasser wird im Kessel *A* erwärmt, wodurch es spezifisch leichter wird als die darüber stehende kalte Wassersäule *AB*, es steigt also in *AB* aufwärts, wie ein Kork im Wasser. Im Heizkörper *K* giebt das warme Wasser seine Wärme zur Heizung des Raumes wieder ab. Die kältere und somit spezifisch schwerere Wassersäule *D E* drängt nach Kessel *A* nach.

Der Kreislauf des Wassers geht also aus von der Erwärmung im Kessel (*A*), von wo es dann in der Steige- und Verteilungsleitung *A*, *B*, *C* hochsteigt, um im Heizkörper *K* die zugeleitete Wärme nutzbar an den Raum abzugeben und dann wieder abgekühlt zum Kessel (*A*) zurückzufließen.

Die treibende Kraft ist das Uebergewicht, das sich ergiebt aus der Gewichtsdifferenz der spezifisch ungleich schweren kalten und warmen Wassersäule.

Die Volumenvergrößerung des Wassers beim Erwärmen wird durch das offene Ausdehnungsgefäß *G* ermöglicht, das durch ein enges Rohr mit dem Heizrohrsystem in Verbindung steht.

Durch das offene Ausdehnungsgefäß wird ein Erwärmen des Wassers über 100° C. ausgeschlossen. Da die hohen Wassertemperaturen von 90° C. nur beim Anheizen und bei äußerster Kälte notwendig sind, genügen für den größten Teil der Heizzeit beträchtlich niedrigerere Temperaturen, und somit giebt die Warmwasserniederdruckheizung eine sehr angenehme milde Wärme.

Bei der Mitteldruckwarmwasserheizung ist die Verbindung des Systems mit dem Ausdehnungsgefäß keine offene, sondern durch ein Druck- und Saugventil geschlossen. Das belastete Druckventil (Fig. 101) öffnet sich, wenn das Wasser den eingestellten

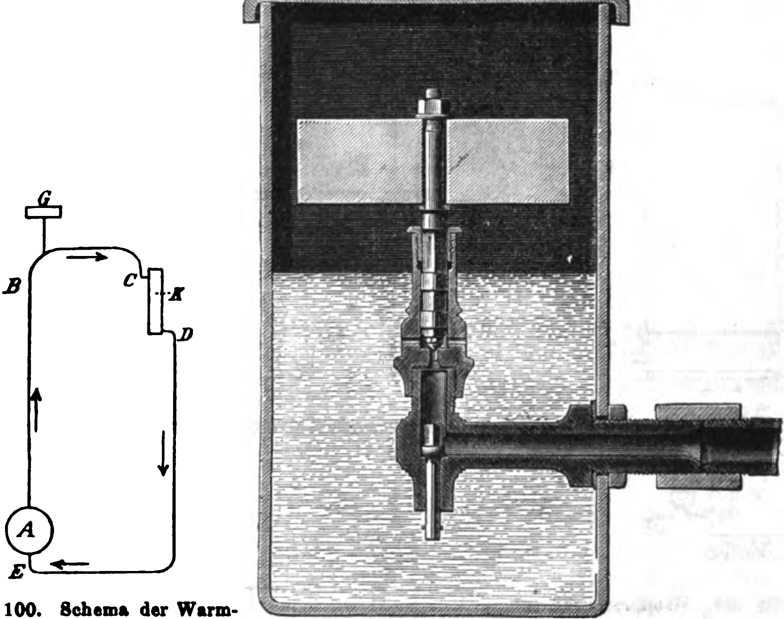


Fig. 100. Schema der Warmwasserheizung.

Fig. 101. Druck- und Saugventil.

Druck überschreitet, bei dem Abkühlen läßt das untere Saugventil das Wasser wieder in das System zurücktreten.

Eine einfachere und vorteilhaftere Anordnung bietet die Anwendung eines Windkessels (Fig. 102). Je mehr sich das Wasser durch Erwärmen ausdehnt, je mehr wird die Luft im Windkessel zusammengepreßt und ihre Spannung somit erhöht. Sobald man die Luft aus dem Windkessel durch *c* frei in die Atmosphäre austreten läßt, hat man eine Warmwasserniederdruckheizung. Dadurch ist man in der Lage, bei Kälte mit Mitteldruck, bei milder Witterung mit Niederdruck zu heizen.

Durch Rohr *a* steht der Windkessel mit dem Rohrsystem in Verbindung und wird so lange mit Wasser gefüllt, bis bei *b* das Wasser überläuft und im Keller bei *d* wieder abläuft; *d* und *c* sind während des Betriebes geschlossen; *e* ist ein Manometer, dessen Aufgabe die Kontrolle des Druckes im Keller ist.

Hauptanordnung des ganzen Systems.

Der Kessel steht bei der Warmwasserheizung am vorteilhaftesten an der tiefsten Stelle im Keller, damit die spez. ungleich schweren Wassersäulen möglichst hoch werden.

Von der höchsten Stelle des Kessels geht das Steigerohr ab, und das Rücklaufrohr tritt an der tiefsten Stelle in den Kessel ein.

Die Anordnungen der Rohrleitung sind nun sehr verschieden; die beiden hauptsächlichsten sind:

1) Die Verteilung von oben, Fig. 103, d. h. vom Kessel geht

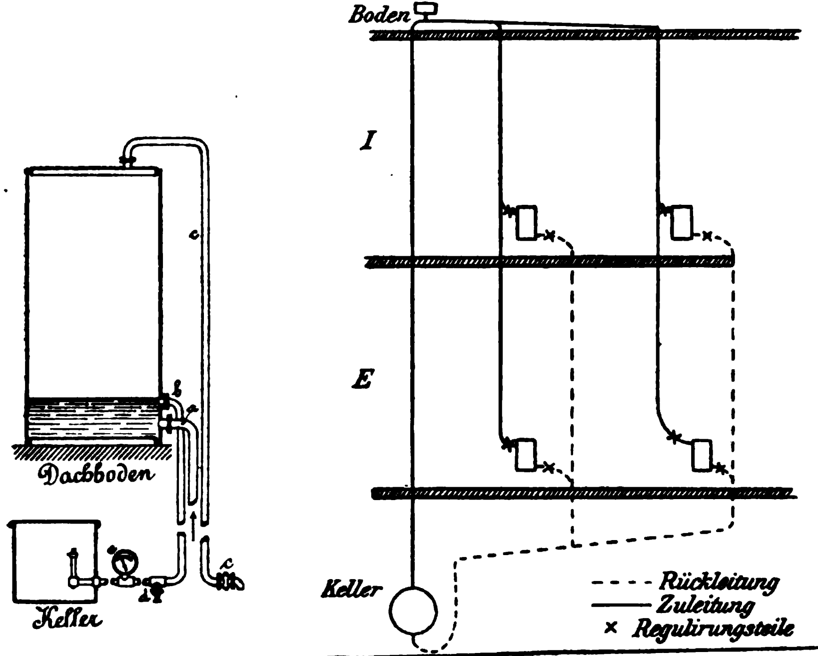


Fig. 102. Windkessel für eine Warmwasser-Mitteldruck-Heizung.

Fig. 103. Warmwasserheizung. Verteilung von oben.

ein gemeinsames Steigerohr bis zum Dachboden, woselbst erst die Verteilung nach den einzelnen Strängen erfolgt.

2) Die Verteilung von unten, Fig. 104, d. h. die Verteilungsleitung liegt im Keller, und die Steigerohre speisen schon die Heizkörper.

Die Zuleitung zum Heizkörper erfolgt an der höchsten Stelle, die Rückleitung an der tiefsten Stelle.

Jeder Heizkörper hat vorteilhaft zwei Reguliervorrichtungen.

Die Rückleitungen werden oft (Fig. 105), um jeden Heizkörper bequem vom Kellergang regulieren zu können, einzeln zum Keller geführt und erst dort vereinigt.

Gesundheitliche und sonstige Vorteile. Die Warmwasserheizung entspricht den Anforderungen der Hygiene mehr als jede andere Heizung, Sie giebt eine angenehme und milde Wärme, geringe Strahlung und selbst durch Unachtsamkeit der Bedienung kann eine Ueberhitzung der Heizflächen nicht eintreten, da das Wasser, wie bereits erwähnt, nicht höher als bis auf höchstens 100° C. erwärmt werden kann; auch ist eine Explosionsgefahr vollkommen ausgeschlossen.

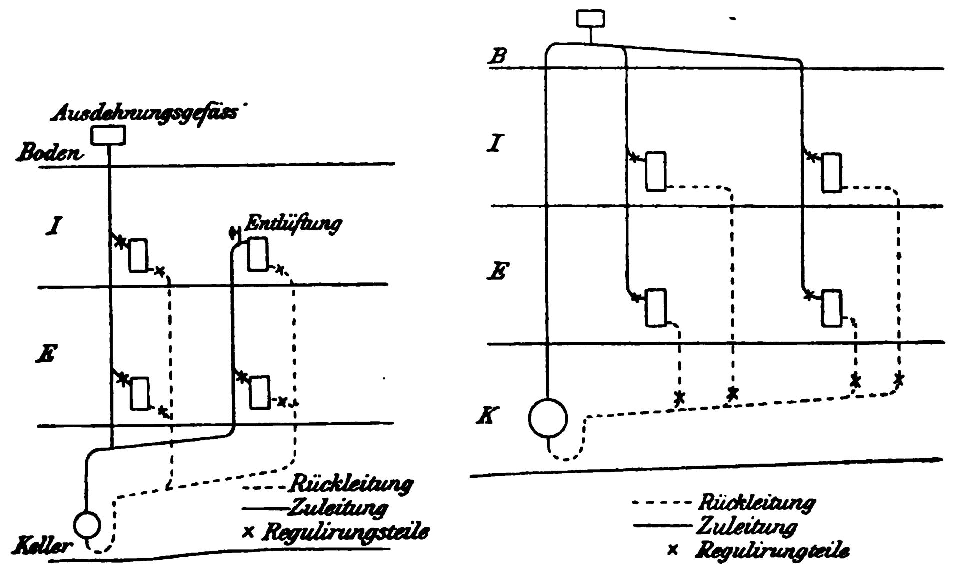


Fig. 104. Warmwasserheizung. Verteilung von unten.

Fig. 105. Warmwasserheizung. Verteilung von oben und getrennte Rückläufe.

Die große Wärmekapacität des Wassers verleiht der Warmwasserheizung eine sehr gleichmäßige Wärme.

Die Anlage kann für unterbrochenen und Dauerbetrieb eingerichtet werden.

Die Bedienung einer Warmwasserheizung, besonders mit Dauerbetrieb, ist sehr einfach.

Wenn eine ausgeführte Warmwasserheizung nicht allen vom Standpunkt der Hygiene und Technik zu stellenden Ansprüchen genügt, so liegt der Grund nur in der nicht sachgemäßen Ausführung der Anlage. Eine gut ausgeführte Warmwasserheizung giebt nie zu

Klagen Veranlassung, und erfordert fast keine Reparaturen oder Betriebsstörungen.

Das Einfrieren einzelner abgestellter Heizkörper kann vermieden werden, wenn die Abstellvorrichtungen derartig konstruiert sind, daß sie nicht völlig abschließen, sondern den Heizkörper noch ein klein wenig mitgehen lassen.

Anordnung und Ausführung der einzelnen Teile.

Kessel.

Als Kessel (*A*) bezeichnet man denjenigen Teil des Rohrsystems (Fig. 100, S. 341), welcher die vom Feuer entwickelte Wärme aufnimmt.

Er kann bestehen aus einer Aufwickelung von Rohr, einer sogenannten Feuerspirale, oder aus einer beliebig gestalteten Erweiterung der Leitung. Erstere Anordnung wird jedoch meist nur bei Heißwasserheizungen verwandt.

Die Kessel werden hauptsächlich aus Schmiedeeisen, selten aus Gußeisen oder Kupfer hergestellt.

Wie bei der örtlichen Heizung (S. 313) die Wärmeaufspeicherung entweder in der Masse des Ofenkörpers (Kachelofen) oder in dem Brennmaterial erfolgt, so auch bei der Warmwasserheizung in der Masse des wärmeleitenden Wassers oder im Brennmaterial.

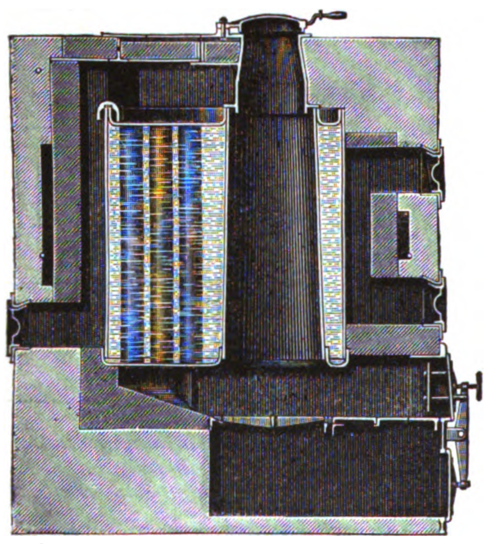


Fig. 106. Stehender Warmwasserschüttkessel mit Siederöhren.

Bei Dauerbetrieb legt man den Wärmevorrat in das Brennmaterial; dann muß der Fassungsraum für dasselbe mindestens groß genug sein, um die Füllung für den Nachtbetrieb aufnehmen zu können.

Fig. 106 zeigt einen Schüttkessel einfachster Konstruktion von Rietschel & Henneberg. Von oben wird der Schüttrichter mit Kohlen gefüllt, die Flamme und die Rauchgase schlagen durch die Siederohre nach oben und gehen dann um den Kessel herum nach dem Schornstein.

Bei Nachtbetrieb ist ein selbstthätiger Wärmeregler unbedingt erforderlich. Die Konstruktion der verschiedenen Wärmeregler für Warmwasserheizungen beruht meist auf der Ausdehnung fester oder flüssiger Körper durch die Wärme und Uebertragung der durch die Ausdehnung erzielten Bewegung auf die Regelungsklappe für die Verbrennungsluft.

Der Wärmeregler von Walz (Fig. 107) beruht auf der Ausdehnung oder Zusammenziehung eines Rohres durch die Wärme des durchströmenden Wassers. Durch die Ringe a und die Streben b ist eine wagerechte Ausdehnung der Rohrschleife verhindert; daher kann die Bewegung nur noch in der Richtung A B vor sich gehen. Diese Bewegung wird durch den auf Schneide liegenden Hebelarm d zur Bewegung der Luftregulierungsklappe übertragen.

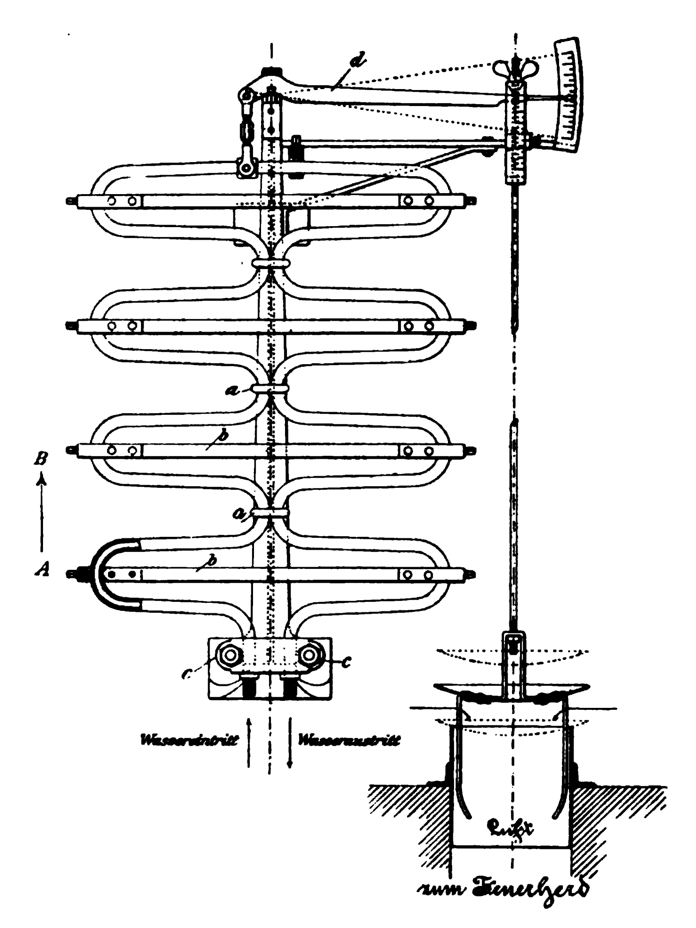


Fig. 107. Wärmeregler von Walz.

Bei unterbrochenem Betriebe, bei welchem also bei jedesmaligem Gebrauch die Anlage des Kessels von neuem angeheizt wird, legt man den Wärmevorrat in die Masse des Wassers und heizt dann, wenn in den Räumen die geforderte Temperatur erreicht ist, die aufgespeicherte Wärme nach. Diesem Zwecke dienen die sogenannten Großwasserraumkessel, wie Walzen- und Flammrohrkessel.

In Fig. 108, die einen einfachen Einflammrohrkessel mit Innenfeuerung veranschaulicht, gehen die Feuergase erst im Flammenrohr ent-

lang und umspülen dann den äußeren Kesselmantel, um schließlich nach dem Fuchs zu entweichen.

Da diese Kessel jedoch ein schnelles Anheizen verbieten, weil erst die großen Wassermassen erwärmt werden müssen und das Bedürfnis oft vorliegt, die gewünschte Wärme schnell zu erlangen, so baut man Kessel, die im Verhältnis zur Heizfläche nur geringe Wassermassen haben, wobei man allerdings auf das Nachheizen verzichten muß. Hierzu verwendet man entweder Röhrenkessel (Fig. 109), oder

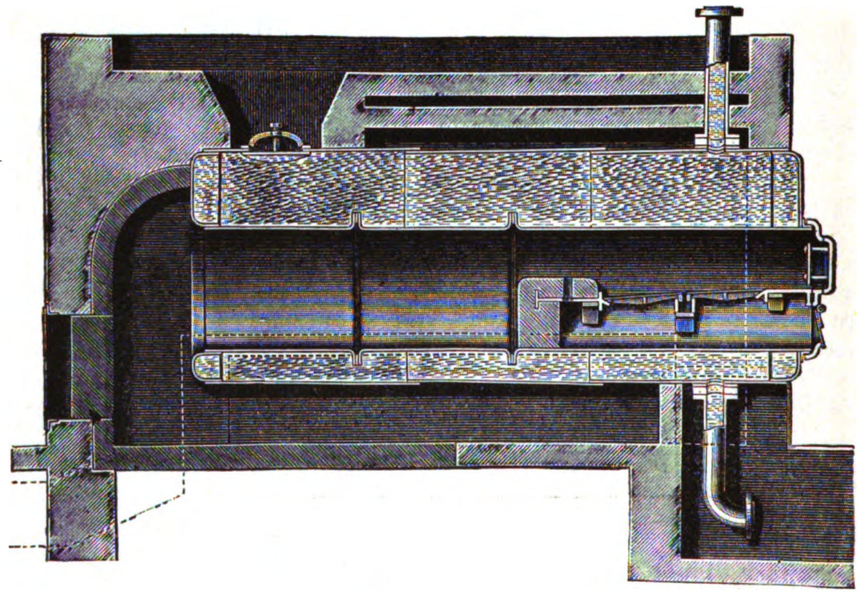


Fig. 108. Liegender Warmwasser-Flammrohrkessel.

man zieht durch die Großwasserraumkessel viele Rohre, sogenannte Siederohre (siehe Fig. 106), durch welche die Feuergase streichen müssen.

Ein vielfach ausgeführter und von Rud. Otto Meyer erfundener Röhrenkessel ist in Fig. 109 dargestellt. Die Rauchgase nehmen den durch die Pfeile angedeuteten Weg.

Wie bereits erwähnt, kühlen diese Kessel, sobald das Heizen unterbrochen wird, schnell aus.

Vielfach liegt in der Praxis das Bedürfnis vor, schnell anzuheizen, aber auch die Wärme solange wie möglich zu halten.

Dieser Forderung wird durch Verbindung eines Kleinwasserraumkessels (Röhrenkessels) mit einem darüberliegenden geschlossenen Wasserbehälter, der mit Standrohr und Rücklauf wie ein Heizkörper verbunden ist, genügt. Nachdem nämlich mit dem Kleinwasserraumkessel der Beharrungszustand schnell erreicht ist, läßt man erst den Wasserinhalt des Behälters mit warm werden. Wenn man dann das

Feuer ausgehen läßt, heizt der Wasserbehälter durch seine Wassermasse wie ein Großwasserraumkessel noch nach.

Um denselben Zweck zu erreichen, werden Kessel mit wenig Wasserinhalt zum schnellen Anheizen und einer Schüttvorrichtung zum Nachheizen versehen.

Bei überschläglicher Berechnung der Kessel kann man pro qm Heizfläche je nach Bauart 6000—8000 W. E. annehmen. Bei unterbrochenem Betriebe muß man dem berechneten Gesamt-

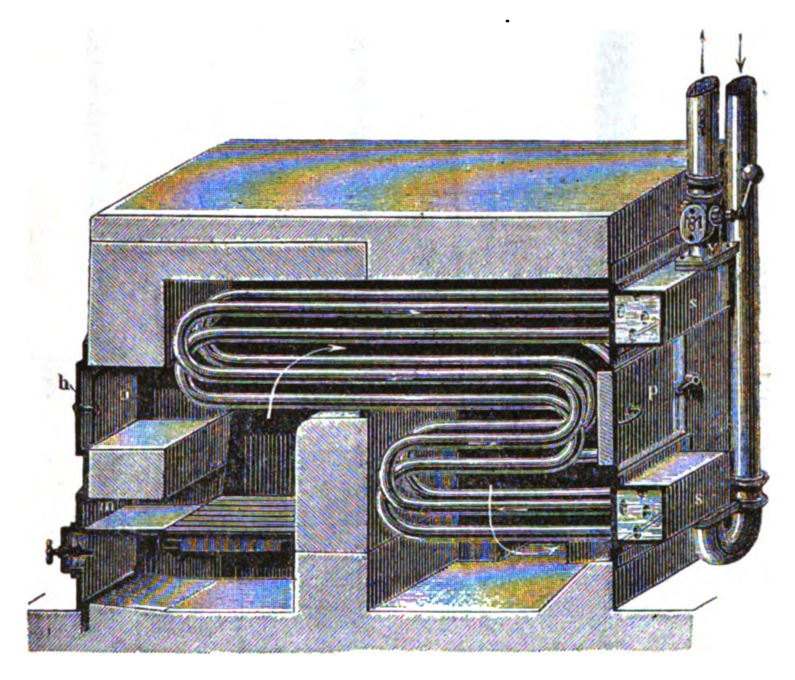


Fig. 109. Röhrenkessel von Rud. Otto Meyer. *b* Feuerthür, *m* Schür- und Aschenthür mit Luft- und Regulierschraube, *o* Strahlenfänger, *p* Reinigungsthür, *r* Rostlage, *S S* Sammelkästen, *v v* Steige- und Fallrohr.

wärmebedarf je nach der Dauer der Unterbrechung, der geforderten Zeit des Hochheizens, der Menge des anzuwärmenden Wassers, der Eisen- und Mauermassen entsprechende Zuschläge machen.

Rohrleitung.

Ueber die allgemeine Anordnung der Rohrleitung ist bereits S. 342 berichtet. Das Material der Rohre besteht fast ausschließlich aus Schmiedeeisen, selten aus Kupfer.

Es werden verwandt Rohre aus starkwandigem Gasrohr mit Muffenverbindung für lichte Rohrweite bis zu 63 mm (Fig. 110), patentgeschweißte Siederohre (Fig. 111) mit Flanschenverbindungen von 57 mm lichter Rohrweite an.

Die Rohrleitung dehnt sich beim Anheizen aus und zieht sich bei Unterbrechung des Betriebes wieder zusammen. Bei der Rohrverlegung ist auf diese Bewegung Rücksicht zu nehmen. Da die Rohrleitung in allen Teilen frei beweglich sein muß, liegt sie frei auf Konsolen oder hängt in beweglichen Schlingen; bei ausgedehnterer Strecke werden Längenausgleicher eingebaut. Dieselben bestehen

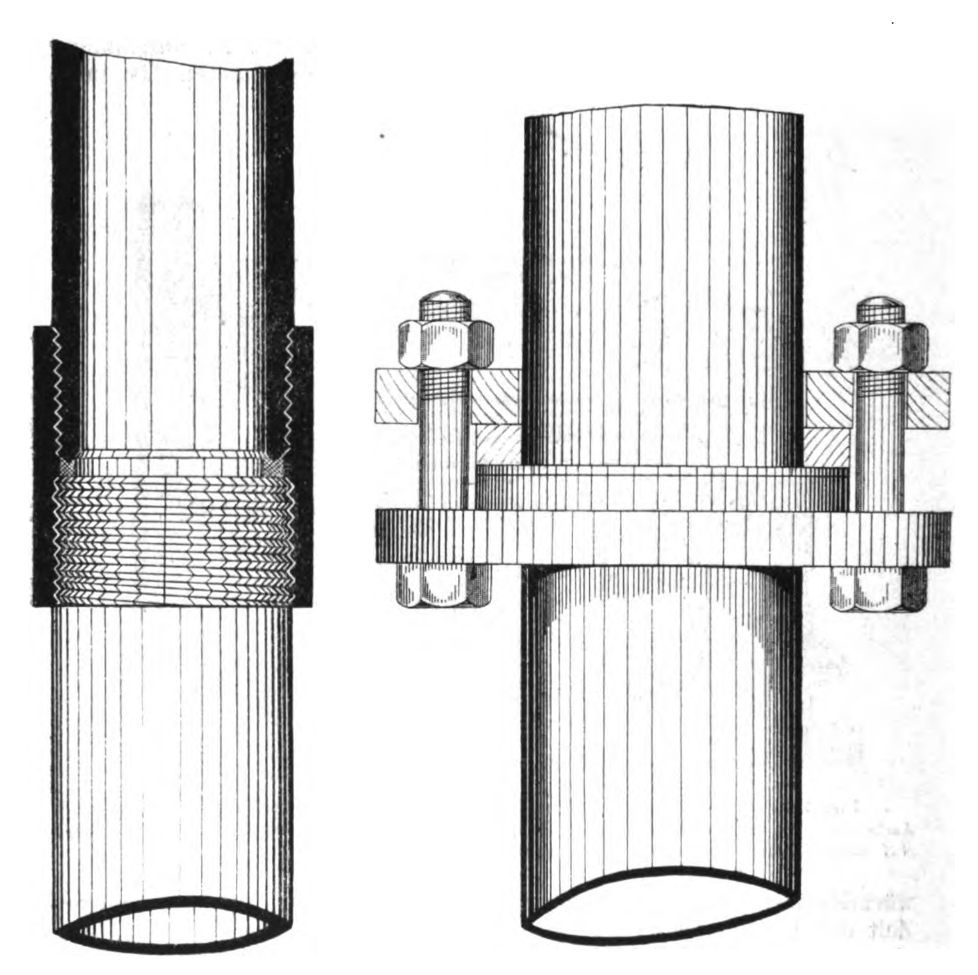


Fig. 110. Muffenrohrverbindung. Fig. 111. Flanschenrohrverbindung.

bei Warmwasserheizung meist aus einem federnden gebogenen Kupferrohr (Fig. 112).

Die senkrechten Verteilungsleitungen müssen ebenfalls überall frei beweglich durch Decken und Wände gehen, wobei die Durchgänge am vorteilhaftesten durch Zinkhülsen auszukleiden sind.

Damit die im Wasser absorbierte Luft stets nach oben entweichen kann und sich nicht irgendwo in der Leitung in Form einer Luftblase festsetzt und, indem sie den Querschnitt verengt, den Umlauf

des Wassers hindert, müssen alle Leitungen mit genügendem Gefälle verlegt werden.

Soweit die Rohrleitung nur dem Zwecke der Leitung, nicht aber dem der Wärmeabgabe dient, ist sie gegen Wärmeverluste durch Umkleidung mit schlechten Wärmeleitern, wie Kieselguhrerde, Korkschalen, Pflanzenfasern etc. zu schützen.

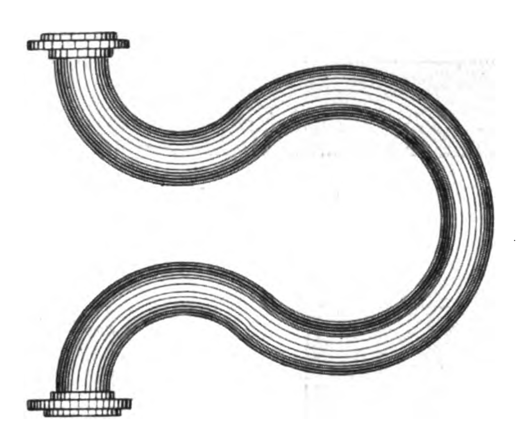


Fig. 112. Ausdehnungsbogen.

Auf die genaue Berechnung einer verzweigten Rohrleitung kann hier nicht eingegangen werden. Es sei nur auf die Arbeiten von Rietschel[1] und auf die graphische Bearbeitung von Birlo[2] hingewiesen.

Zur überschläglichen Berechnung für den Kostenanschlag genügt die von Birlo angegebene Formel:

a) bei Verteilung von oben:

$$d = 0{,}00065 \sqrt{\frac{W}{h\, 0.4}}$$

b) bei Verteilung von unten:

$$d = 0{,}0006 \sqrt{\frac{W}{h\, 0{,}4}}$$

h bedeutet in obigen Gleichungen die Höhe von Mitte Heizkörper bis Mitte Kessel *W*

Die Querschnitte der Sammelleitungen sind gleich der Summe der Querschnitte der abzweigenden bez. einmündenden Zweigleitungen.

1) **Rietschel**, *Ges.-Ing.* (1891) *No.* 1.
2) **Birlo**, *Ges.-Ing.* (1891) *No.* 8.

Heizkörper.

Die Heizkörper haben den Zweck, die Wärme des durch die Rohrleitung umlaufenden Wassers an das Zimmer durch Leitung und Strahlung abzugeben.

Die Bauweise der Heizkörper geht darauf hinaus, der Luft eine möglichst reichliche und für die Wärmeabgabe geeignete Berührungsfläche zu bieten. Die neueren Formen derselben werden so ausgeführt, daß sie ohne Verkleidung frei strahlend in den Räumen aufgestellt werden können.

Die Form der Heizkörper ist daher eine sehr mannigfache Das Material, aus dem dieselben bestehen, ist Guß- oder Schmiedeeisen.

Die gußeisernen Heizkörper sind teils glatte, teils mit Rippen versehene Rohre (Fig. 113), die durch Flanschen miteinander verbunden werden und in Treibhäusern, Fabriksälen, Luftvorwärmekammern etc. Verwendung finden. Für die Zimmerheizung verwendet man meist

kleine, mit Rippen versehene Kästen (Elemente), die man je nach der erforderlichen Heizfläche senkrecht nebeneinander (Fig. 114) oder wagerecht übereinander stellend (Fig. 115, 116) zu einem Ofen, einem sogen. Register vereinigt.

Die Rippenheizkörper werden mittels Holz- oder Blechvorsetzer verkleidet, erst in neuester Zeit haben einige Firmen Heizkörper mit



Fig. 113. Rippenrohr.

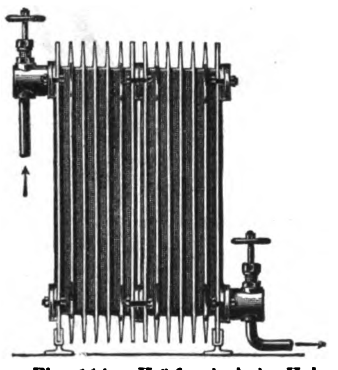


Fig. 114. Käferle'sche Heizkörper.

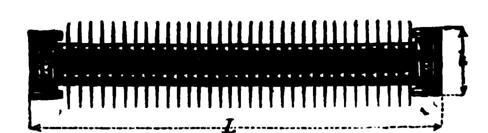


Fig. 115. Rippenglied.

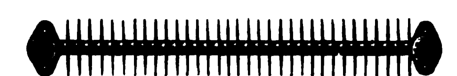


Fig. 116. Rippenglied.

Verzierungen, Zierheizkörper, Radiatoren genannt (Fig. 117), hergestellt, die dann frei im Zimmer stehen (S. 351).

Schmiedeeiserne Heizkörper bestehen aus gewöhnlichen schmiedeeisernen Röhren meist Hochdruckröhren, die entweder unten an den Wänden herumgeführt oder zu einzelnen Rohrspiralen aufgewickelt werden.

Wegen der gefälligen und leicht zu reinigenden Form sind die Cylinderöfen (Fig. 118, 119 in der Ansicht, 120, 121, 122, 123 in Schnitt und Grundriß) sowohl, als auch die Rohrregister (Fig. 124, 125, 126) sehr beliebt (S. 351 und 352).

Die Cylinderöfen bestehen aus einem cylindrischen Gefäß, in welches oben das warme Wasser einströmt, während unten das abgekühlte wieder zum Kessel zurückkehrt.

Im Verhältnis zur Heizfläche besitzen derartige Oefen einen zu bedeutenden Wasserraum und sind daher sehr schwer zu regeln. Man verringert den Wasserinhalt und vermehrt die Heizfläche, indem man Rohre einzieht, durch welche die Luft cirkulieren kann (Fig. 122). Man hat es in der Hand, sich durch Einziehen eines Rohres (Fig. 121) anstatt mehrerer Rohre einen kleinen Wasserraum zu schaffen.

Ein im Verhältnis zur Heizfläche kleines Wasserquantum und daher eine gute Regulierfähigkeit bilden die Doppelrohregister (Fig. 124). Sie bestehen aus einem oberen und einem unteren Gußkasten, in welche die

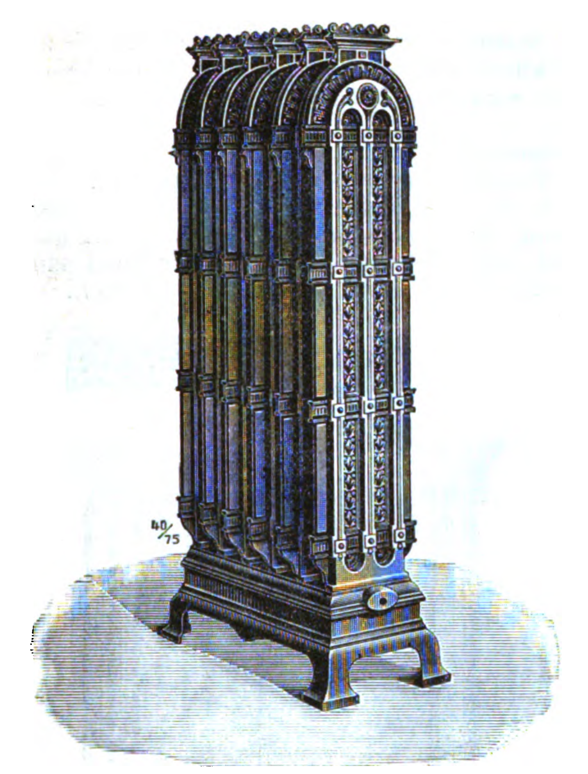


Fig. 117. Zierkörper (Modell Körting).

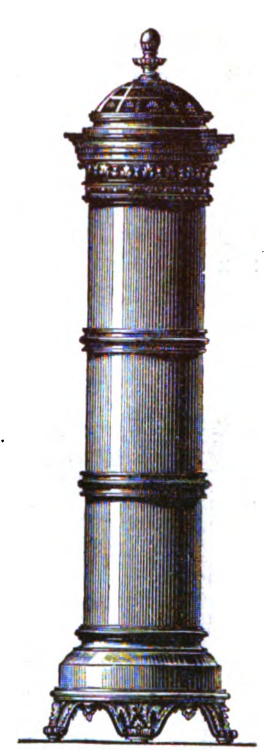


Fig. 118. Cylinderofen.

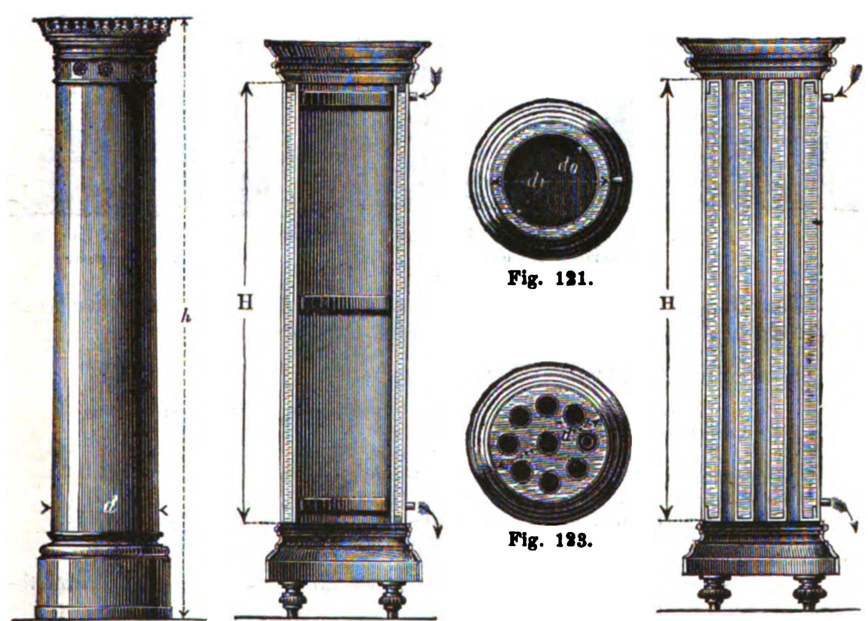


Fig. 119. Cylinderofen. Fig. 120. Schnitte von Cylinderöfen. Fig. 122.

Fig. 121.

Fig. 123.

Rohre eingewalzt sind. Die Heizfläche der inneren von der Luft durchzogenen Rohre ist wenig wirksam, sodaß neuerdings Kelling in Dresden einfache Rohrregister mit schwachen Rohren herstellt (Fig. 127).

Zur Regelung der Wärmeabgabe der Heizkörper ist eine Regelungsvorrichtung am Rücklauf des Heizkörpers notwendig.

Gewöhnlich wird jedoch auch der Zulauf mit einem Ventil oder Hahn versehen, der dann ein für allemal auf die größte Leistung des Heizkörpers eingestellt wird; zur Nachregulierung mit der Hand und zum Abstellen dient dann die Regelungsvorrichtung am Rücklauf.

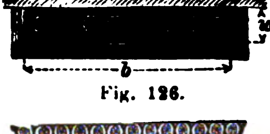
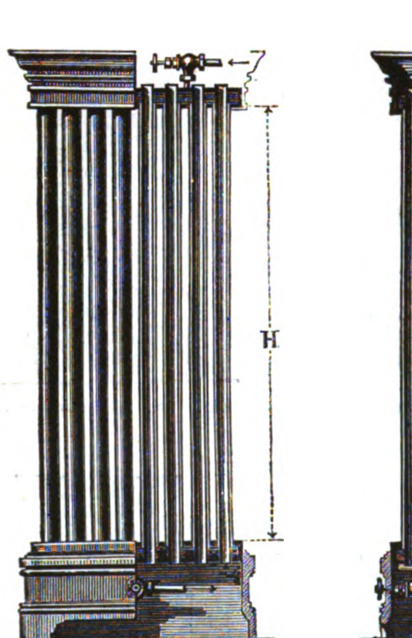
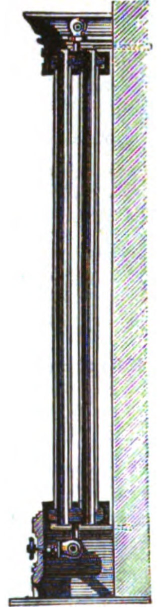


Fig. 126.





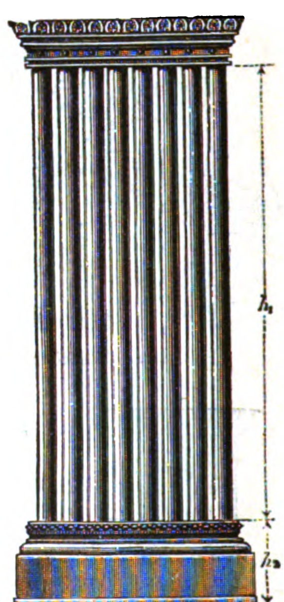




Fig. 124. Fig. 125. Doppelrohrregister.

Fig. 127. Kelling's Einfachrohrregister.

Zur Berechnung der Heizfläche sind von Rietschel[1] folgende praktisch erprobte Werte zusammengestellt worden:

Stündlich abgegebene Wärmemenge auf 1 qm Heizfläche bei

Heizkörper	Niederdruckheizung	Mitteldruckheizung
Cylinderofen, Fig. 120, 121	400—450 W.E.	500—550 W.E.
„ , Fig. 122, 123	300—400 „	375—500 „
Doppelrohrreg. Fig. 124	250—350 „	325—425 „
Je nach der Zahl der Reihen		
Einfache Rohrreg. Fig. 127	350—450 „	450—550 „
Gußeiserne Rippenreg.	225—300 „	300—375 „

Bei verkleideten Heizkörpern ist etwa 25 Proz. weniger Wärmeabgabe in Ansatz zu bringen.

1) Rietschel, *Leitfaden* 2. *Aufl.* 1895.

d) Heifswasserheizung.

Die Heißwasserheizung oder nach ihrem Erfinder Perkinsheizung genannt, besteht aus einem geschlossenen Rohrzug von 23 mm lichter Weite und 33 mm äußerem Durchmesser.

Ein Teil der Rohrleitung wird zur Spirale aufgewunden dem Feuer ausgesetzt. Eine specielle Anordnung ist in Schnitt und Aufriß aus Fig. 128 und 129 zu ersehen. Das Rohr steigt in die zu erwärmenden Räume und kehrt zur Beendigung des Kreislaufes nach

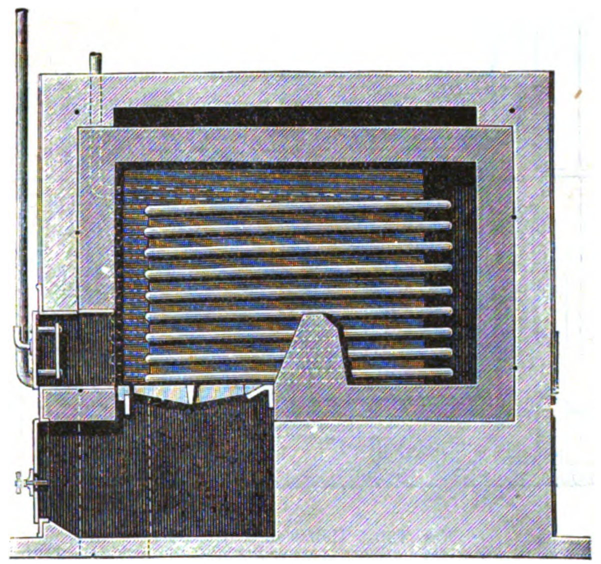


Fig. 128. Heifswasserkessel (Schnitt).

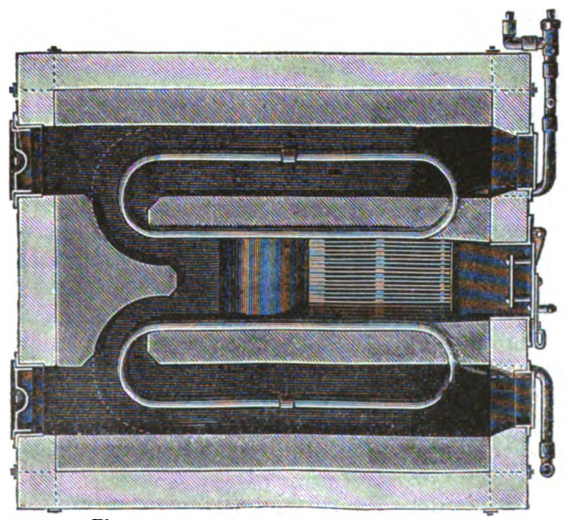


Fig. 129. Heifswasserkessel (Grundrifs).

der Feuerspirale zurück. Auf diesem ganzen Wege giebt das Rohr teils zu Heizkörperspiralen gewunden (Fig. 130, 131, 132), teils längs der Wände hin- und hergeführt (Fig. 134), oder im Fußboden liegend seine Wärme ab.

Die Heißwasserrohre können einen Druck bis zu 200 Atm. aushalten und werden vor Inbetriebnahme der Anlage auf 150 Atm. geprüft.

Der gewöhnliche Betriebsdruck beträgt höchstens 15 Atm., dem eine Wassertemperatur von 200° C. entspricht.

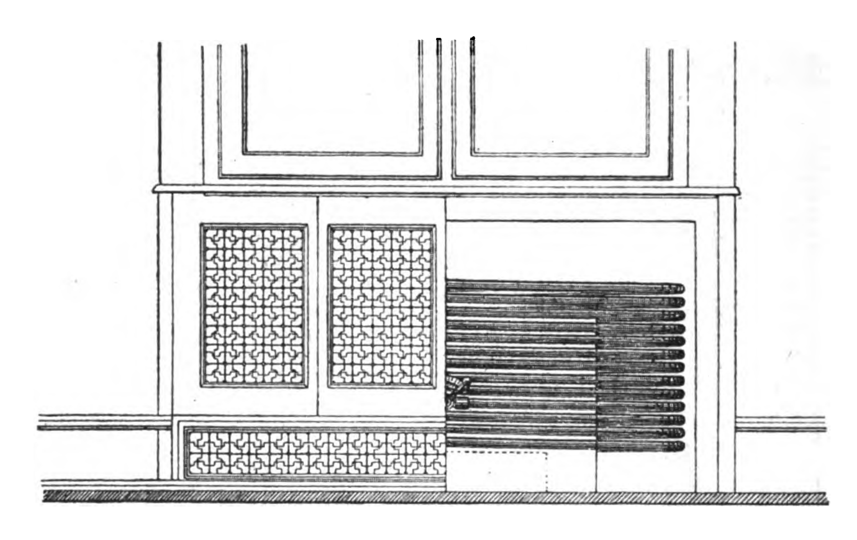


Fig. 130. Heißwasserheizkörper.

In dem höchsten Punkte der Rohrleitung steht, wie bei der Mitteldruckwarmwasserheizung entweder ein Ausdehnungsgefäß mit Druck- und Saugventil (Fig. 101), oder ein Windkessel (Fig. 133).

Die Größe der Windkessel *a a* richtet sich nach der Länge des erforderlichen Rohrsystems. Die Rohre *a a* sind bis zur Verschlußmuffe *b* mit Wasser gefüllt. Das Nachfüllen erfolgt dadurch, daß man die Verschlußmuffen *b* und *c* öffnet, bei *b* zufüllt bis zum Ueberlaufen und dann *b* und *c* wieder verschließt.

Die billige Ausführung, die bequeme Anbringung und Verlegung selbst in fertigen Häusern haben der Heißwasserheizung früher große Verbreitung verschafft. In neuester Zeit wird sie jedoch weniger ausgeführt, weil in derselben ein Druck von etwa 15 Atm. herrscht. Ferner kann sich das enge Perkinsrohr durch Zunder leicht verstopfen und dann eine Explosionsgefahr herbeiführen Dieselbe tritt aber meist in der Feuerspirale auf und richtet somit selten Schaden an.

Die durch den hohen Druck bedingten Wassertemperaturen — bis 200° C. — versengen den Staub und wirken durch starke Strahlung lästig.

Die große Zahl der Rohre bietet überdies dem Staub große und schwer zu reinigende Ablagerungsflächen dar.

Die so wichtige Regelung der Wärmeabgabe ist von allen Heizungsarten bei der Heißwasserheizung die ungünstigste.

Eine Regelung kann nur insofern erfolgen, als dem Wasser durch Dreiweghähne (Fig. 135) eine Umgehung (Fig. 134), der Heizfläche des Zimmers ermöglicht wird. Bei Benutzung dieser Einrichtung erreicht aber das Wasser die der umgangenen Heizfläche nächste Heiz-

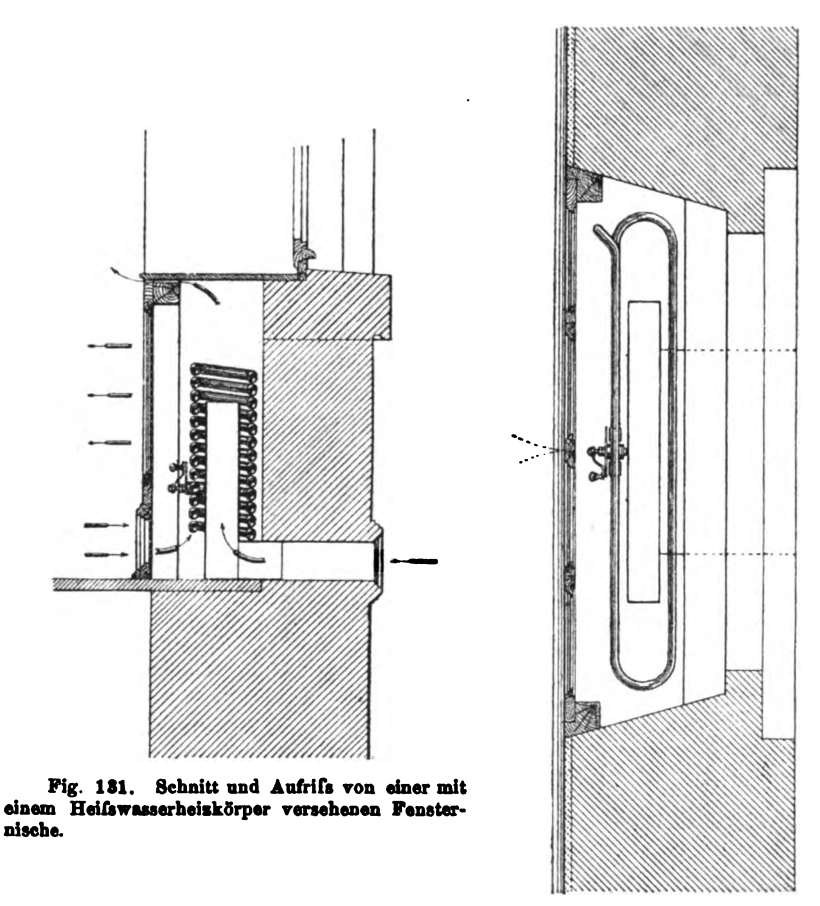


Fig. 131. Schnitt und Aufriſs von einer mit einem Heiſswasserheizkörper versehenen Fensternische.

Fig. 132.

spirale mit höherer Temperatur, als wenn das Wasser zuerst die umgangene Heizfläche durchlaufen hätte. Das auf den „umgangenen" Raum folgende Zimmer sowie alle weiteren, an derselben Cirkulation befindlichen werden nun stärker erwärmt.

Es eignet sich daher die Heißwasserheizung am besten für große Räume oder Zimmergruppen, die miteinander in offener Verbindung stehen.

Die Berechnung muß sehr sorgfältig und geschickt durchgeführt werden, wozu der Spezialtechniker gute Methoden im Leitfaden von Rietschel S. 187 und in Einbeck: Theorie der Heißwasserheizung, Stuttgart 1887, findet.

e) Dampfheizung.

Der Wärmeträger dieser Heizung ist der Dampf, der in den Zimmerheizkörpern durch Kondensation seine latente Wärme und zwar pro kg Dampf 540 W.E. nutzbar abgiebt.

Die Spannung des Dampfes ermöglicht eine leichte und schnelle Bewegung auf weite Entfernungen. Daher eignet sich die Dampfheizung für Distrikt- oder Städteheizungen.

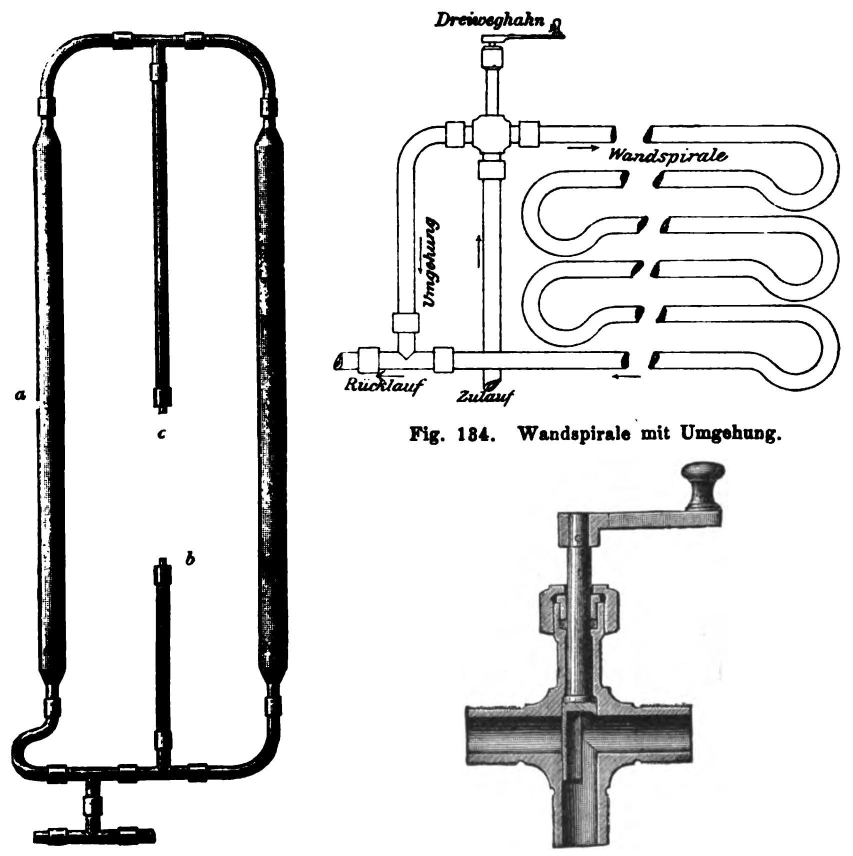


Fig. 183. Heißwasserwindkessel.

Fig. 184. Wandspirale mit Umgehung.

Fig. 185. Dreiweghahn.

Die Verdichtung des Dampfes findet nicht nur in den Heizkörpern, sondern auch bereits in der Verteilungsleitung statt, selbst wenn dieselbe gut gegen Wärmeverlust geschützt ist.

Sobald dieses Niederschlagswasser in der Dampfverteilungsleitung sich nicht annähernd so schnell wie der Dampf oder gar gegen die Bewegungsrichtung desselben bewegt, reißt es der Dampf mit sich und schleudert es, besonders bei Biegungen gegen die Rohrwandungen, wodurch das Schlagen und Knallen in der Rohrleitung meist hervorgerufen wird.

Daher ist bei der Anordnung der Rohrleitungen überall für gutes Gefälle wegen des sich besonders beim Anheizen stark bildenden

Niederschlagwasser zu sorgen. Auf der tiefsten Stelle wird es dann in die Niederschlagswasserleitung abgeleitet.

Ist die Verteilungsleitung zu lang, um das genügende Gefälle zu erreichen, so ordnet man dieselbe in Sägeform an. Man führt den Dampf eine Strecke mit Gefälle, schaltet zur besseren Entwässerung noch einen Wasserabscheider (Anordnung Fig. 136) ein und steigt hinter dem Entwässerer wieder senkrecht an.

Die innere Einrichtung eines Wasserabscheiders erläutert die Bopp und Reuther'sche Ausführung (Fig. 137).

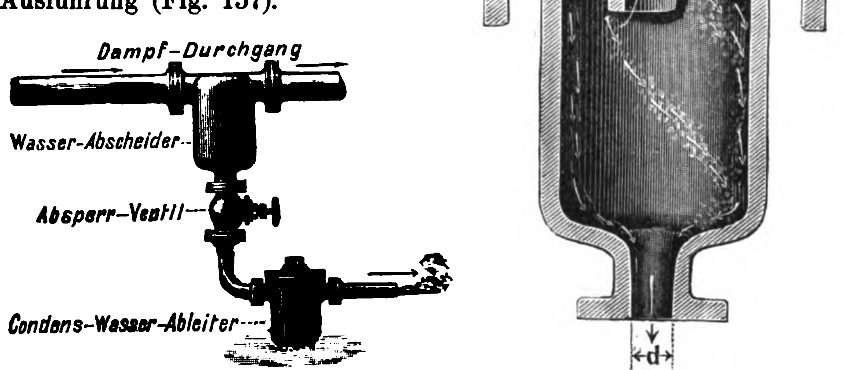


Fig. 136 Entwässerung einer Dampfleitung. Fig. 137. Bopp und Reuther'scher Wasserabscheider.

Die mit dem in der Pfeilrichtung einströmenden Dampt vermischten Wasserteile schlagen an die halbkreisförmige Zunge an und werden von hier nach den Wänden des Abscheiders geschleudert, an denen sie in den Sack zusammenlaufen, um von hier nach der Kondensleitung abgeleitet zu werden. Der getrocknete Dampf geht in der Pfeilrichtung weiter.

Ein ebenfalls sehr einfacher Wasserabscheider ist der Käferlesche (Fig. 138).

In den Gebäuden erfolgt die Anordnung der Leitungen zur Verteilung des Dampfes in den einzelnen Stockwerken vorteilhaft in der Weise, daß die Hauptleitung direkt zum Boden aufsteigt (Fig. 143), und daß die einzelnen Leitungen (Stränge) von da aus zu den Heizkörpern abfallen. Jeder Heizkörper hat seine eigene Rückleitung, jedoch findet sich auch die Anordnung (Fig. 144), wo die Rückleitung wieder in die Dampfleitung einmündet (S. 360).

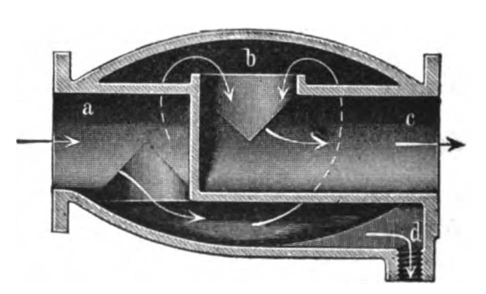


Fig. 138. Kaeferle'scher Wasserabscheider. *a* Dampfeintritt für feuchten Dampf, *b* Dampfeintritt für getrockneten Dampf, *c* Dampfaustritt, *d* Abfluſs des ausgeschiedenen Wassers.

In der Rücklaufleitung befindet sich noch nutzbar zu verwendender Dampf. Der Abfluß des Wassers nach der Hauptkondensleitung muß daher durch ein Ventil so geregelt werden, daß nur Wasser, nicht aber auch Dampf übertritt.

Die Regelung eines solchen Ventils ist aber äußerst schwierig und mußte überdies auch dem wechselnden Betriebe entsprechend von Menschenhand gestellt werden. Man hilft sich hier durch Einschaltung eines selbstthätigen Niederschlagwasserabscheiders, auch Kondenstopf oder Selbstleerer genannt.

Diese Kondenstöpfe werden überall da angewandt, wo es gilt, das Niederschlagswasser ohne Dampfverlust abzuleiten, also besonders

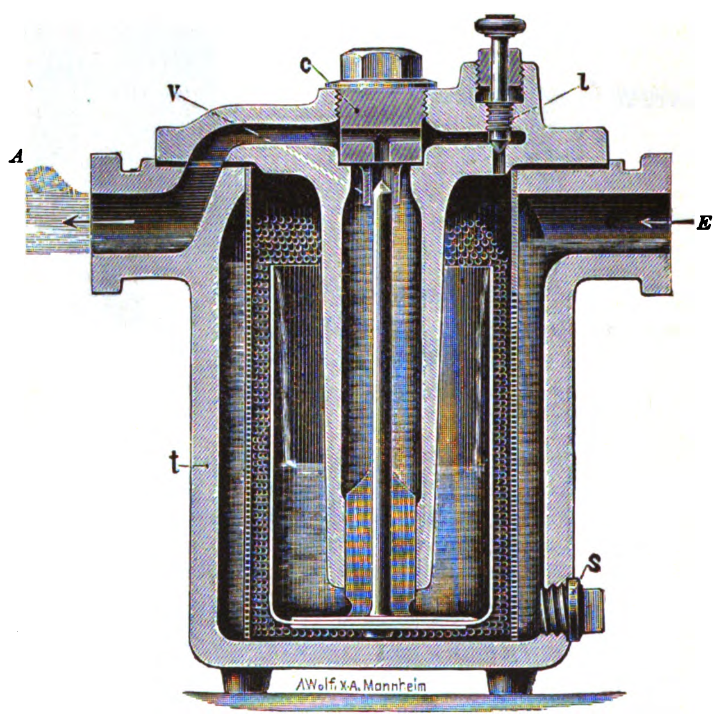


Fig. 139. Reuther'scher Kondenstopf. *S* Reinigungsschraube, *l* Luftschraube.

in der Kondenswasserleitung der einzelnen Heizkörper und hinter Wasserabscheidern (Fig. 136). Sie sind so konstruiert, daß sie sich schließen, sobald Dampf in sie eintritt.

Die zum Schließen nötige Kraft liefert entweder der spezifische Gewichts- oder der Temperaturunterschied zwischen Dampf und Wasser.

Einen Selbstleerer der ersten Gattung zeigt der Reuther'sche Selbstleerer (Fig. 139). Ist derselbe im Betrieb, so tritt bei *E* Wasser und Dampf in denselben. Das Wasser füllt den unteren Teil des Topfes (*t*), und der Becherschwimmer wird durch den Auftrieb gegen das Ventil (*v*) gedrückt. Steigt das Wasser über den Rand des Becherschwimmers,

so läuft es hinein und bringt ihn zum Sinken. Das Ventil *v* wird geöffnet und der im Topf herrschende Dampfüberdruck drückt das Wasser des Becherschwimmers durch den Kanal in der Pfeilrichtung nach *A* hinaus. Ist der Schwimmer leer, so wird er wieder aufgetrieben und das Ventil geschlossen.

Der Selbstleerer von Kaeferle (Fig. 140) unterscheidet sich von dem vorherigen durch Anordnung eines Hebelarmes zur Uebertragung des Schwimmergewichtes auf das Ventil und besonders durch Anordnung eines Ventils (*a*), das den Topf ausschaltet, indem es die Zuleitung zum Selbstleerer mit der Rückleitung direkt verbindet, um beim Anheizen, wo sich viel Wasser bildet, dasselbe schneller abzulassen und den Topf zugleich zu entlüften. Bei Fig. 139 wird die Entlüftung durch die Schraube *l* bewirkt.

Ohne besondere Entlüftungsvorrichtung arbeiten die Selbstleerer, welche auf Temperaturdifferenz zwischen Dampf und Wasser beruhen.

Im kalten Zustande ist das in das untere Schenkelrohr eingeschaltete Ventil des Kusenberg'schen Selbstleerers (Fig. 141) geöffnet, sodaß Luft und Niederschlagswasser frei entweichen können. Tritt der nachdrückende Dampf in die gebogenen Messingröhren ein, so dehnen sich diese aus, und es erfolgt somit der Schluß des Ventils. Der in beliebiger Weise angebrachte Apparat wird mittels der Mutter *m* derart eingestellt, daß die geringste Abkühlung durch Niederschlagwasser das Ventil öffnet.

Statt der Ausdehnung eines festen Körpers kann man auch die Ausdehnung eines flüssigen zur Bethätigung eines Selbstleerers verwenden.

Bei Fig. 142 öffnet oder schließt sich das Ventil, je nachdem der im oberen halbkugelförmigen Teile der Vase befindliche Aether, bei der Berührung der Membrane durch Wasser oder Dampf sich zusammenzieht oder ausdehnt (S. 360).

Von den Selbstleerern fließt das Wasser entweder weg oder nach dem Kesselhaus zurück, wo es in Wasserbehältern (Fig. 143) gesammelt wird, um wieder zur Speisung des Kessels Verwendung zu finden.

Die Dampfheizungen werden vielfach da angewandt, wo ein Dampfkessel bereits zu anderen Zwecken, wie zum Treiben von Maschinen etc. vorhanden ist.

Die Kessel müssen daher meist mit hohem Druck betrieben werden, der für die Dampfheizungsanlage nachteilig ist.

Man schaltet dann in die Abzweigung der Heizleitung ein Druckverminderungsventil (Fig. 143, *R*) ein, das den hohen Kesseldruck in einen beliebigen niedrigeren Druck umwandelt (S. 360).

Die verschiedenen Konstruktionen dieser Ventile beruhen auf der selbstthätigen Drosselung des Dampfes (vergl. S. 360).

Je nachdem das entlastete Doppelsitzventil (Fig. 145) mehr oder weniger Einströmungsquerschnitt freigiebt, wird der Dampfdruck weniger oder mehr vermindert.

Die Regulierung des Einströmungsquerschnittes erfolgt durch den Kolben *K*, indem der verminderte Dampfdruck von unten auf denselben drückt. Von oben ist der Kolben durch ein am Hebel *H* wirkendes Gewicht belastet. Wird der Dampfdruck unter dem Kolben höher, als daß

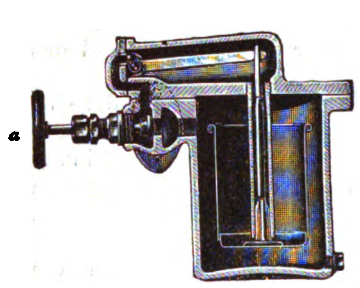


Fig. 140. Kaeferle'scher Selbstleerer.

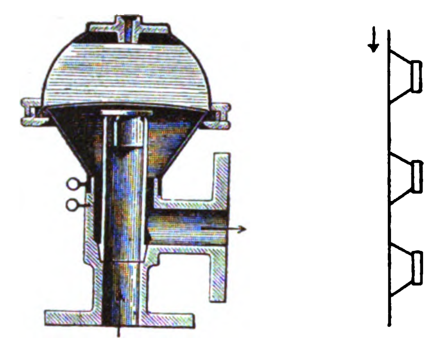


Fig. 142. Fig. 144.

Fig. 142. Selbstleerer mit Aetherfüllung.
Fig. 144. Dampfstrang mit gemeinsamer Zu- und Rückleitung.

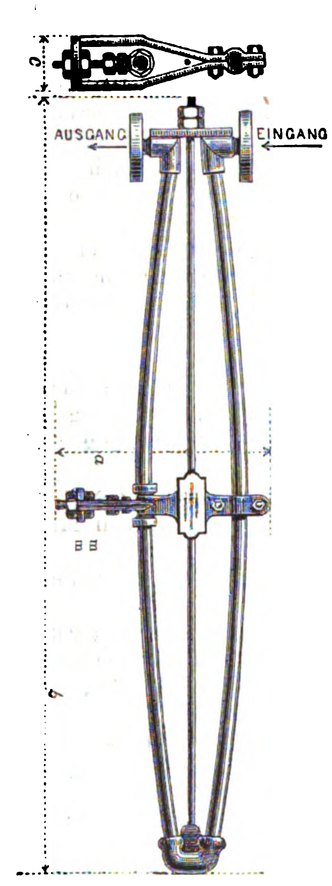


Fig. 141. Kusenberg'scher Selbstleerer.

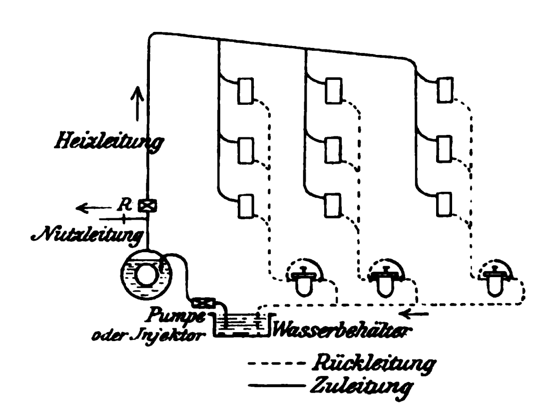


Fig. 148. Dampfheizung (Schema). R Dampfreduzierventil.

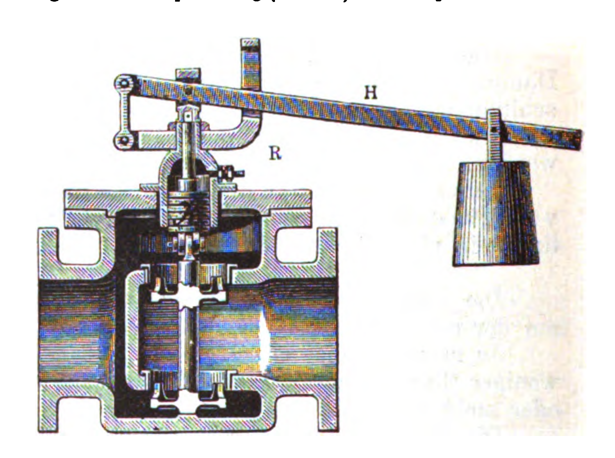


Fig. 145. Reduzierventil.

die Belastung des Hebels das Gleichgewicht halten kann, so hebt sich der Kolben und somit das Doppelsitzventil und vermindert den Einströmungsquerschnitt so lange, bis der eingestellte Dampfdruck wieder erreicht ist.

Die Heizkörper in den einzelnen Räumen sind dieselben wie bei der Warmwasserheizung und zwar werden vorzüglich einfache Rohrspiralen und Rippenheizkörper verwandt (Abbildungen S. 351 u. 352).

Die Regulierung der Heizkörper durch Ventile an der Einströmung ist sehr schwierig, da durch die Drosselung des Dampfes auch eine Druckverminderung im Heizkörper erfolgt und dadurch eine größere Druckdifferenz eintritt, welche die Geschwindigkeit des einströmenden Dampfes steigert.

Man hilft sich entweder durch Ausschaltung der wirksamen Heizfläche, indem man durch Regelung des Kondenswasserabflusses dasselbe beliebig im Heizkörper anstaut oder indirekt durch Ummantelung des Heizkörpers mit einem **schlechten** Wärmeleiter und Regelung des Luftumlaufes am Heizkörper. Die in Fig. 146 und 147 dargestellte Ausführung ist hauptsächlich von Bechem und Post in Haag ausgeführt worden.

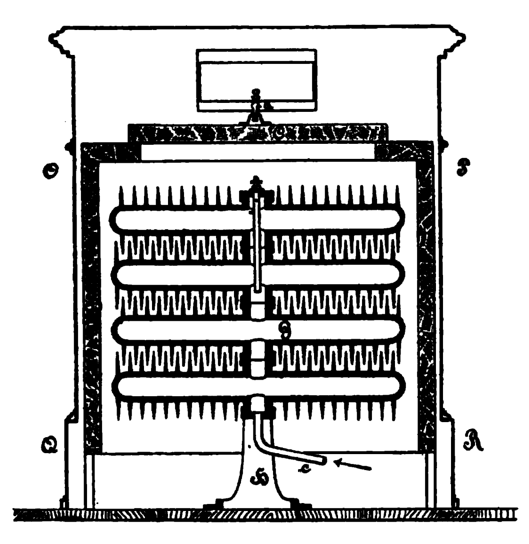


Fig. 146. Bechem und Post'sche Heizkörperregelung. *B* Mantel aus schlecht wärmeleitenden Material, *G* Rippenheizkörper, *O* Schieberdeckel zur Regulierung, *a* Führungsknopf, *H* Heizkörperfuß, *e* Zu- und Ableitungsrohr, *O P Q B* Verkleidung.

Die Luft muß besonders bei milder Außentemperatur lange im Mantel verweilen und strömt dann hocherwärmt aus.

Die umständlichere Zugänglichkeit erschwert überdies die Reinigung, sodaß diese Regelung nicht zu empfehlen ist.

Bei Unterbrechung des Betriebes muß Luft in die Heizkörper und in das ganze Rohrsystem eingelassen werden können.

Beim Anlassen des Dampfes muß diese Luft und zwar möglichst vollkommen wieder entfernt werden.

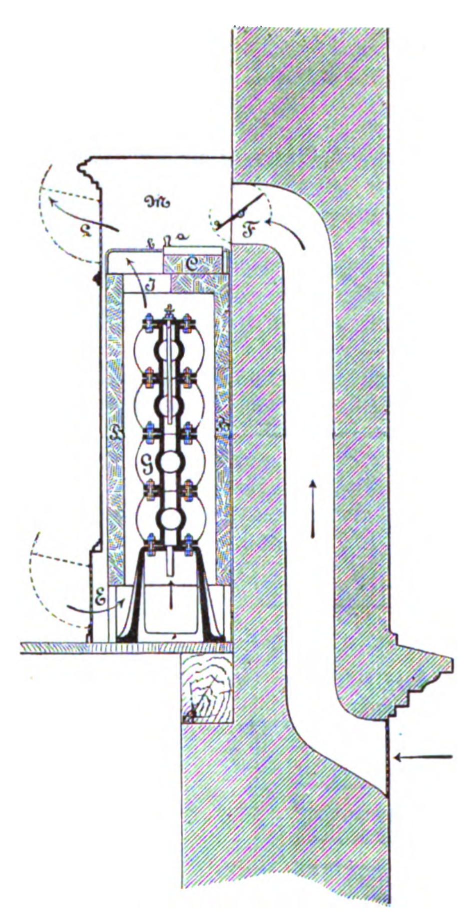


Fig. 147. Heizkörperregelung nach Bechem und Post. *E* **Oeffnung für die Umlaufluft,** *J* **Ausströmung der warmen Luft,** *F* **Einströmung der Frischluft,** *M* **Mischraum im Vorsetzer,** *a* **Führungsknopf,** *b* **Führung,** *L* **Ausströmung ins Zimmer.**

Diese Be- und Entlüftung geschieht entweder durch von Menschenhand zu stellende Luftschrauben und Lufthähnchen oder durch die Selbstleerer (Fig. 141 und Fig. 142) bez. in ähnlicher Weise konstruierte selbstthätige Luftventile. Die schwierige Regelung, der Heizkörper, die Höhe der Heizflächentemperatur, das Knallen in der Leitung, besonders beim Anheizen etc. sind die Gründe, weshalb die Hochdruckdampfheizung direkt zur Heizung von Wohnungen nur noch vereinzelt Anwendung findet.

Umsomehr wird die Dampfheizung ausgeführt in Fabriken, Sälen oder in Kombination mit Warmwasser- und Luftheizungen als sogen. Dampfwarmwasserheizungen und Dampfluftheizungen.

Eine **Dampfwarmwasserheizung** ist eine gewöhnliche Warmwasserheizung, wie bereits beschrieben, deren Kessel anstatt durch eine Feuerung durch einen Dampfheizkörper erwärmt wird.

Die Fig. 148 und 149 stellen zwei verschiedene Dampfwarmwasserkessel vor. Fig. 148 hat

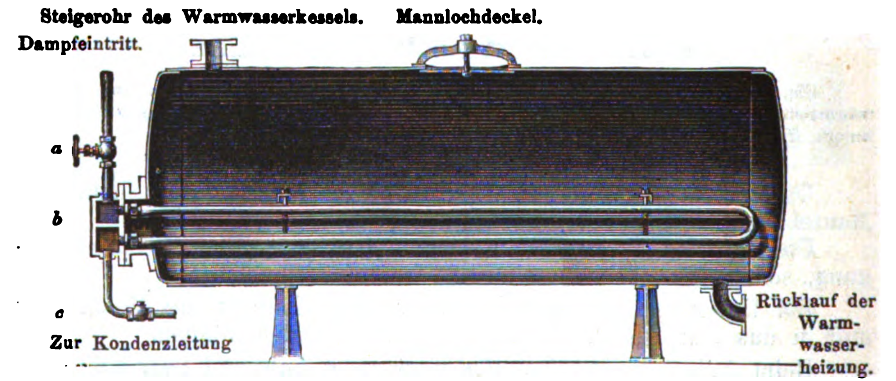


Fig. 148. Dampfwarmwasserkessel nach Rietschel und Henneberg, Berlin. *a* **Dampfregulierventil,** *c* **Dampfrückschlufsventil.**

als Dampfheizkörper Kupferrohrschleifen, die in dem Verteilungskasten *b* befestigt sind, während der Kessel Fig. 149 einen Siederohrkessel darstellt, bei dem durch die Siederohre Dampf streicht.

Wie die Warmwasserkessel können auch Niederdruckdampfkessel in derselben Weise durch Dampf geheizt werden, eine Kombination, welche man Dampfniederdruckdampfheizung nennt.

Bei der **Dampfwasserheizung** tritt der Dampf in die Wasserheizkörper direkt ein, was beim Anheizen meist mit Geräusch

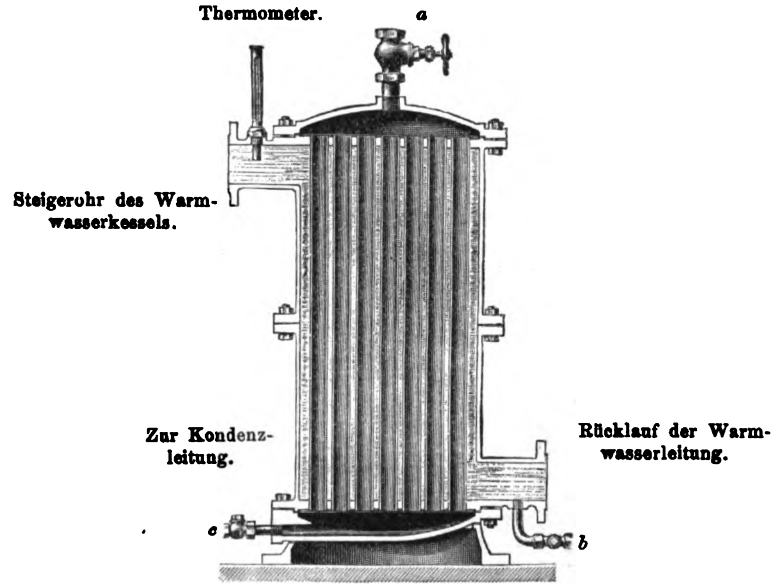


Fig. 149. Dampfwarmwasserkessel nach Rietschel und Henneberg, Berlin. *a* Dampfeintritt, *b* Entwässerung, *c* Rückschlußventil.

verbunden ist, aus welchem Grunde die Dampfwasserheizung jetzt kaum noch ausgeführt wird.

Eine **Dampfluftheizung** ist eine Luftheizung, deren Heizrohre nicht durch durchziehende Feuergase, sondern durch Dampf erwärmt werden.

Man verwendet als Heizfläche entweder glatte schmiedeeiserne Rohre oder gußeiserne Rippenrohre.

Fig. 150 stellt eine Dampfluftheizung im Schnitte dar, wie dieselbe für die Irrenanstalt in Lichtenberg-Berlin ausgeführt worden ist (S. 364).

Als Heizfläche sind Perkinsrohrspiralen verwandt. Bemerkenswert ist, daß der Heizer, ohne den Keller zu verlassen, alle Teile der Heizung und Lüftung regeln kann. Die dazu notwendige Zimmertemperatur giebt das im Abluftkanal angebrachte Winkelthermometer an.

Diese Kombinationen der Dampfheizung sind vorzüglich bei

großen Gebäuden oder bei Häusergruppen oder Villen für Irren-, Genesungs- und Krankenhäusern etc. im Gebrauch.

Berechnung und Ausführung einzelner Teile einer Dampfheizung.

Kessel.

Als Dampferzeuger werden die nämlichen Dampfkessel verwandt, wie zum Betriebe von Maschinen etc. Oft wird auch der Abdampf einer Dampfmaschine ausgenutzt; dann spricht man von Abdampfheizung.

Der während des Tages stark schwankende Betrieb erfordert Kessel, die in kürzester Zeit große Mengen von Dampf abgeben

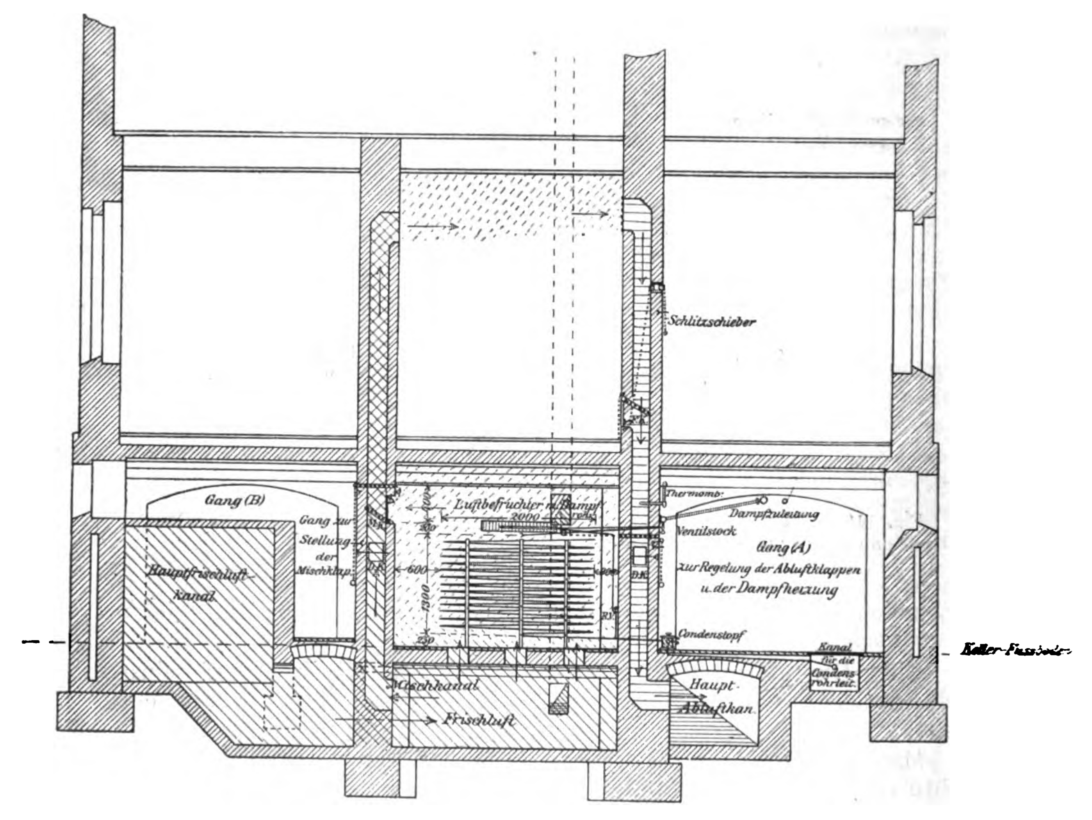


Fig. 150. Dampfluftheizung.

können, Großwasserraumkessel, wie Walzenkessel und Flammrohrkessel. Die Fig. 151, 152 und 153 zeigen einen Zweiflammrohrkessel mit Unterfeuerung. Die Rauchgase streichen zuförderst unter dem Kessel hin, dann durch die Flammrohre nach vorn und längs des Außenmantels zurück nach dem Fuchs, die Züge I, II, III passierend (S. 365).

Diese Kessel dürfen wegen der durch den großen Wasserraum

bedingten Explosionsgefahr nicht unter bewohnten Räumen aufgestellt werden.

Viel angewandt werden die Röhrensicherheitskessel, wie der Steinmüllerkessel (Fig. 154). Die den Unterkessel bildenden Röhren können sehr hohen Druck aushalten und enthalten wenig Wasser. Das heißeste Wasser läuft im Oberkessel über eine durchlöcherte Pfanne. Der Dampf wird durch das im Scheitel des Sammlers laufende Dampfentnahmerohr möglichst trocken abgeführt.

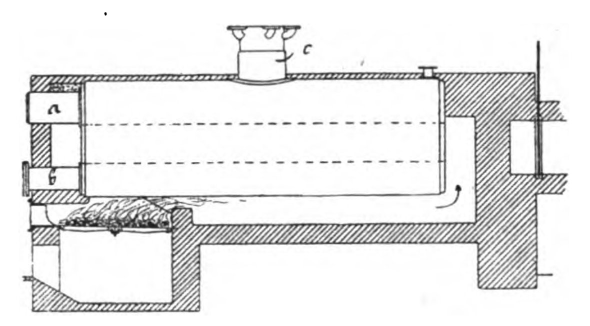


Fig. 151. Zweiflammrohrkessel. Längsschnitt.

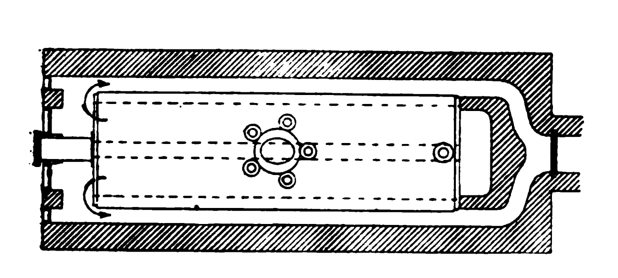


Fig. 152.— Grundrifs zu Fig. 151. *a* Wasserstandsstutzen, *b* Reinigungsstutzen, *c* Dampfdorn.

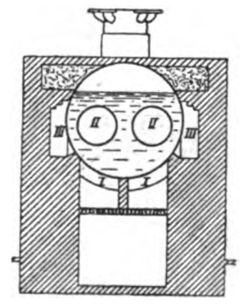


Fig. 153. Aufrifs zu Fig. 151

Die Hauptausrüstungsgegenstände jedes Kessels sind der Wasserstand *a* (Fig. 154), das Sicherheitsventil *b* und der Manometer.

Zur Berechnung der Größe des Kessels kann man annehmen, daß 1 qm Heizfläche bei Flammrohrkesseln 10000 W. E., bei Röhrenkesseln nur 8000 W. E.[1] aufnimmt.

Rohrleitung.

Die Anordnung wurde bereits S. 342 besprochen und ist über die Ausführung dasselbe zu bemerken wie bei der Warmwasserheizung (S. 347).

Die Rohrweiten richten sich nach der Spannung des durchströmenden Dampfes. Je höher die Spannung ist, je größere Geschwindigkeit des Dampfes kann erzielt werden, je kleinere Durch-

messer werden also bei Beförderung gleicher Dampfmengen erforderlich.

Bei langen Leitungen, etwa vom Kesselhaus zu dem zu heizenden Gebäude, empfiehlt es sich daher die Dampfspannung hoch, etwa 4—5 Atmosphären, und die Rohrabmessung dementsprechend eng zu

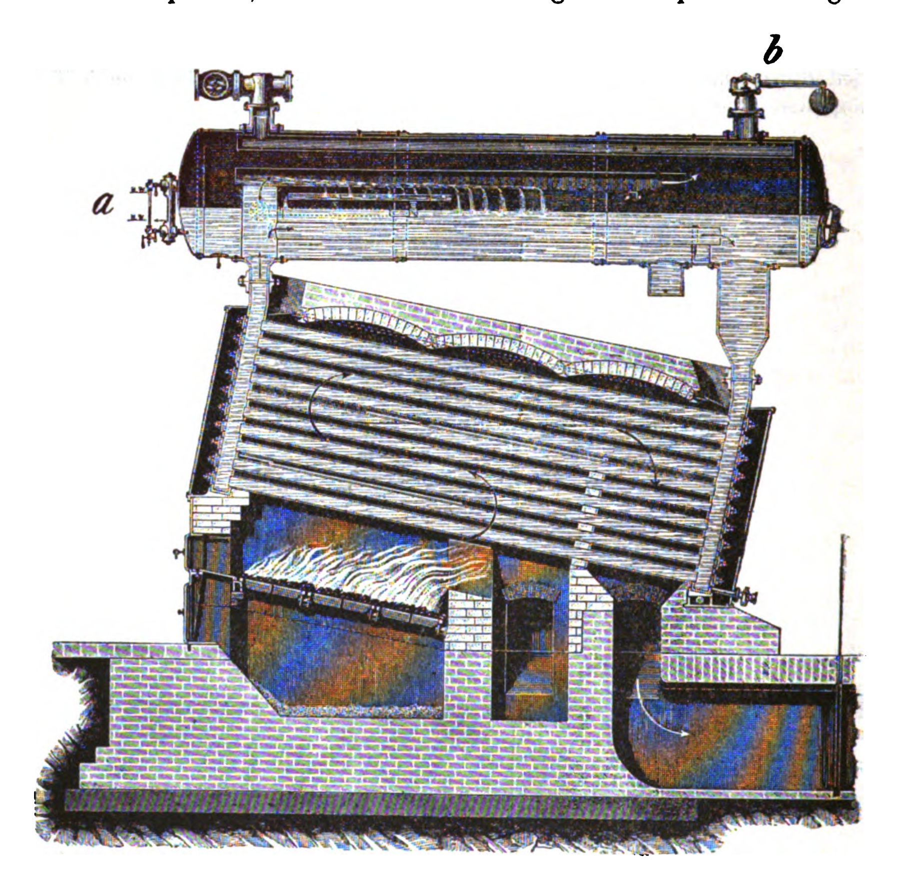


Fig. 154. Steinmüllerkessel.

halten. Im Gebäude selbst ist es für Dichtungen und Heizkörper vorteilhafter, wenn die Spannung unter 1,5 Atmosphären gehalten wird. Zur speciellen Berechnung ist auf die einschlägige Litteratur zu verweisen [2].

1) Rietschel, *Leitfaden* S. 205.
2) Rietschel, *Leitfaden* S. 209; Fanderlik, S. 105

Heizkörper.

Die Konstruktion und besonders die Regelung ist bereits bei der allgemeinen Beschreibung der Dampfheizung (S. 361) näher erörtert worden, und erübrigt sich nur noch, einige Angaben über die Wärmeabgabe der Heizkörper pro Stunde und qm zu geben:

Glattes Rohr, stehend	850—900	W. E.
„ „ liegend	900—950	„
Rohrspiralen	800—850	„
Gußeiserne Rippenregister	500—600	„

Bei hinter Vorsetzern stehenden Heizkörpern ist etwa 25 Proz. weniger Wärmeabgabe in Ansatz zu bringen.

f) Niederdruckdampfheizung [1].

Als Niederdruckdampfheizung bezeichnet man jede Dampfheizung, deren Spannung 0,5 Atmosphären gleich 5 m Wassersäule Ueberdruck nicht überschreiten kann.

Diese Heizungen sind konzessionsfrei und erfreuen sich schon deshalb einer weiten Verbreitung.

Um den Druck in der Heizung 0,5 Atmosphären nicht überschreiten zu lassen, ist an jedem Kessel ein offenes Standrohr von 5 m Höhe angebracht, das in den Wasserraum des Kessels eintaucht. Steigt der Druck höher als 0,5 Atmosphären, so wird das Wasser aus dem Kessel durch das Standrohr getrieben.

Die Heizungen werden jedoch meist noch mit einem bedeutend niedrigeren Druck, etwa $^1/_{10}$ Atmosphäre und darunter, betrieben, weshalb man den Heizungen auch vielfach den Namen Wrasen- oder Wasserdunstheizungen gegeben hat.

Die Niederdruckdampfheizung hat der Hochdruckdampfheizung gegenüber außer Befreiung von polizeilicher Aufsicht noch beträchtliche andere Vorteile, die ihr schnell eine allgemeine Einführung errungen haben.

Die vielen bei der Hochdruckdampfheizung (S. 358) notwendigen Selbstleerer fallen weg; das Niederschlagswasser fließt selbstthätig in den Kessel zurück, indem es in der Niederschlagswasserleitung um soviel Meter über dem Wasserspiegel des Kessels steht, als der Druck in der Leitung niedriger ist, als im Kessel.

Die Anordnung der Rohrleitung und der Heizkörper ist daher ähnlich gestaltet wie bei der Warmwasserheizung mit Verteilung von oben (Fig. 103). Bei der Verteilung von unten (Fig. 155)

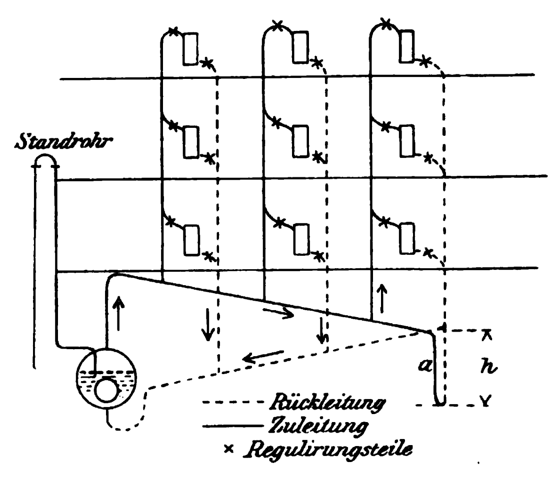


Fig. 155. Niederdruckdampfheizung mit Verteilung von unten.

muß die Hauptverteilungsleitung nach dem vom Kessel entferntesten Punkte mit Gefälle gehen, damit sich Dampf und Niederschlagswasser nach derselben Richtung hin bewegen. Am entferntesten Punkte wird dann das in der Dampfleitung gebildete Niederschlagswasser durch eine Wasserschleife *a*, auch Wasserverschluß oder Syphon genannt, nach der Niederschlagswasserleitung übergeführt. Zu diesem Zwecke muß die Höhe *h* der Wasserschleife gleich dem Dampfdruck an dem entferntesten Punkte in Metern einer Wassersäule sein.

Die Anordnung der Fallstränge mit gemeinsamer Zu- und Rückleitung (Fig. 144) wird seltener ausgeführt.

Die Regulierung der Niederdruckdampfheizkörper ist infolge des niederen Druckes einfacher als bei der Hochdruckdampfheizung. Nur die ersten Niederdruckdampfheizungsanlangen wurden in derselben Weise geregelt und be- und entlüftet, wie bei der Hochdruckdampfheizung beschrieben. Jetzt wird fast ausschließlich die centrale Be- und Entlüftung und die centrale Wasser- oder Luftregulierung angewandt.

Wie bereits bei der Hochdruckdampfheizung dargethan wurde (S. 361), ist die direkte Ventilregelung dadurch sehr erschwert, daß durch die Drosselung eine größere Druckdifferenz am Ventil und infolgedessen eine größere Durchströmungsgeschwindigkeit entsteht.

Bei dem geringen Druck von etwa $^1/_{10}$—$^2/_{10}$ Atmosphären jedoch kann man, da im Heizkörper eine schnelle Kondensation vor sich geht, durch Drosseln eine Druckverminderung hervorbringen, die ermöglicht, daß von außen entweder Wasser oder Luft in den Heizkörper eintritt und so ein Teil der Heizfläche für die weitere Wärmeabgabe ausgeschaltet wird.

Danach unterscheidet man Niederdruckdampfheizungen mit Wasserregulierung und solche mit Luftregulierung.

α) Niederdruckdampfheizung mit Wasserregulierung.

Die Wasserregulierung ist vielfach von Körting ausgeführt worden, jetzt wird nur noch die Luftregulierung angewandt.

Die Fig. 156 S. 369 zeigt eine schematische Darstellung der Körting'schen Syphonwasserregulierung.

Eine Gruppe von in gleicher Höhe stehender Heizkörper *H* ist durch kommunizierende Rohre *r* mit einer in Ofenhöhe stehenden Wasserhaltung *W* verbunden. Die Wasserhaltung muß genügend Wasser fassen, um alle Heizkörper der zugehörigen Gruppe mit Wasser anfüllen zu können und so für die Wärmeabgabe gänzlich auszuschließen.

Die Regelung geht nun folgendermaßen von statten. Solange in dem Heizkörper *H* eine Dampfspannung herrscht, die dem hydrostatischen Druck der darüber stehenden Wasserhaltung das Gleichgewicht hält, ist der Heizkörper ganz mit Dampf gefüllt und die ganze Heizfläche ist für die Wärmeabgabe nutzbar. Vermindert man durch Drosselung des Ventils *V* den Dampfdruck, sodaß der hydrostatische Druck der Wasserhaltung das Uebergewicht erhält, so tritt Wasser in den Heizkörper und schaltet den unteren Teil der Heizfläche aus; je mehr der Dampfdruck

durch Drosselung vermindert wird, desto mehr Heizfläche wird durch das nachdringende Wasser ausgeschaltet.

Durch Handhabung des Ventils ist man also in der Lage, den Heizkörper nach Belieben mit Wasser anzufüllen, d. h. ihn im gleichen Maße unwirksam zu machen.

Der immerhin noch beträchtliche Dampfdruck von der Höhe des Ofens, der in den Heizkörpern herrschen muß, und die Möglichkeit des Einfrierens der Rohre R waren der Grund, die Wasserregelung fast allgemein aufzugeben und zur Luftregelung überzugehen.

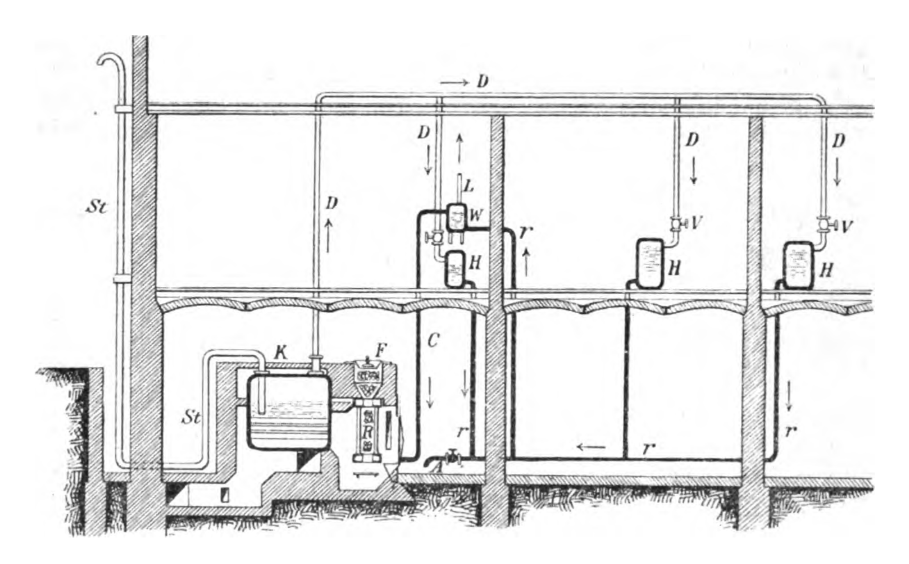


Fig. 156. Schématische Darstellung der Körting'schen Syphon-Wasserregulierung. *K* Kessel, *R* Röhrenrost von Donneley, *D* Dampfrohr, *H* Heizkörper, *V* Dampfregulierungsspindel, *W* Wasserhaltung für das Wasser zur Regulierung, *r* mit *W* und den Heizkörpern kommunizierende Röhre, *A* Entwässerung, *L* Luftrohr, *C* Ueberlauf nach dem Kessel, *F* Füllkasten, *St* Standrohr.

β) Niederdruckdampfheizung mit Luftregulierung.

Bei der Luftregulierung der Niederdruckdampfheizkörper sind für jeden Heizkörper zwei hintereinanderfolgende Regulierungsvorrichtungen notwendig. Zuerst die sog. Ein- oder Feststellvorrichtung und dann das eigentliche Regelungsventil. Beide Vorrichtungen sind meist in einem Gehäuse untergebracht. Das Prinzip der Anlage ist folgendes: Bei einem bestimmten Druck im Kessel von etwa $^1/_{20}$—$^1/_{10}$ Atmosphären, für den die Rohrdurchmesser etc. bestimmt sind, wird bei offenem Regelungsventil das Einstellventil derartig festgestellt, daß gerade der ganze Heizkörper bis zur Kondensleitung warm wird. Der Heizkörper steht nun durch die Kondensleitung oder durch eine eigene Luftleitung direkt mit der freien Atmosphäre in Verbindung.

Vermindert man jetzt mittels des Regelungsventils den eingestellten Maximalquerschnitt, so kann nicht mehr soviel Dampf einströmen, um den ganzen Heizkörper mit Dampf zu erfüllen. In dem Heizkörper selbst herrscht der Druck der Atmosphäre

und wird der durch den Dampf nicht mehr ausgefüllte Raum durch die aus der Luftleitung einströmende Luft ersetzt, einen Teil der Heizfläche für die Wärmewirkung ausschließend. Die Fig. 157, 158 und 159 zeigen die verschiedenen Füllungen des Heizkörpers mit Dampf oder Luft.

Statt des Doppelventils kann auch ein einfaches Ventil mit feststellbarer Maximalöffnung oder ein Hahn mit verstellbarer Kückenöffnung bei der Luftregulierung Verwendung finden.

Die Luftzuführung erfolgt nun meist durch die mit der Atmosphäre in offener Verbindung stehende Luft- und Kondensleitung, wie bei Rietschel und Henneberg, Kelling, Käferle etc. Da in der Kondensleitung somit Wasser und Luft ständig miteinander wechseln, ist dieselbe dem langsamen Rosten ausgesetzt, während in

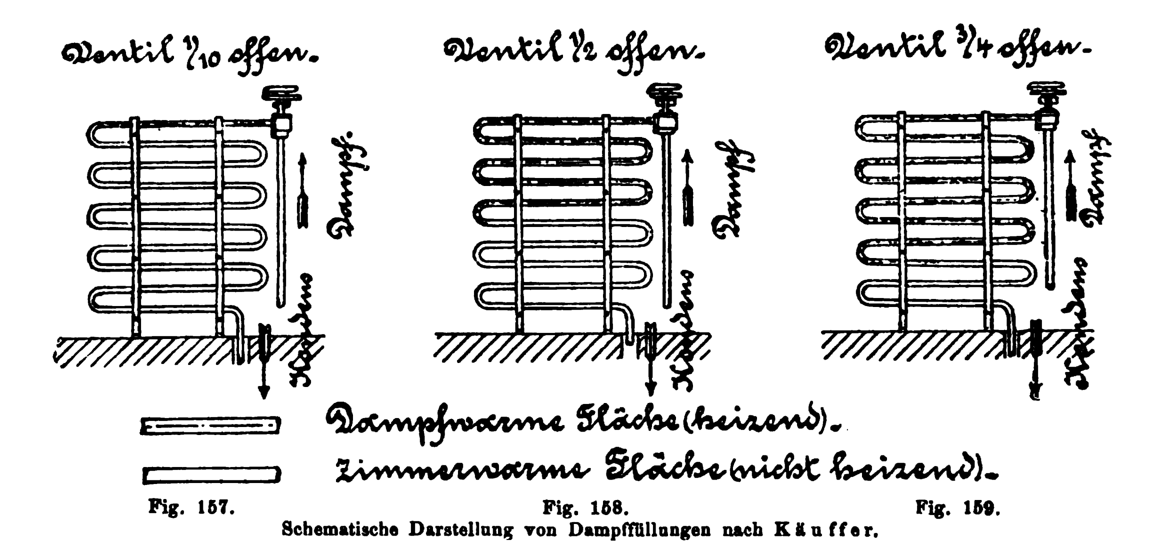


Fig. 157. Fig. 158. Fig. 159.
Schematische Darstellung von Dampffüllungen nach Käuffer.

den Dampfleitungen und in den Heizkörpern ein Rosten nicht zu bemerken ist. Sobald man also die Kondensleitung in Kupfer ausführt, ist diese Gefahr vollkommen vermieden.

Käferle führt diese Kupferrohre mit Durchmessern von nur 5 mm aus und giebt jedem Heizkörper ein eigenes Röhrchen. Diese Röhrchen sammelt er in einer Tasche (*L*, Fig. 160), welche durch ein Luftrohr mit der Atmosphäre in freier Verbindung steht. Das von *L*, in welches alle Kondensrohre einer Mietswohnung münden, abfließende Wasser wird durch den Wassermesser gemessen. Auf diese Weise ist es möglich, den Anteil jedes einzelnen Mieters an der Sammelheizung dem thatsächlichen Verbrauch an Wärme entsprechend zu bestimmen. Die Kondensleitung S. und *C.* führt dann das Wasser wieder nach dem Kessel zurück.

Um das Rosten der Kondensleitung zu verhüten, lassen Käuffer & Co. die Luft nicht frei in die Atmosphäre ausströmen, sondern in einen entlasteten Aluminiumgasometer (*A*, Fig. 161), der als Luftreservoir *l* dient und die Luft für alle Heizkörper, Rohre und den

Kessel im kalten Zustande aufnehmen soll. Die Wirkungsweise der Regulierung ist genau wie oben.

Der leitende Gedanke bei dieser Anordnung zwecks Bannung der einmal im System befindlichen Luft für alle Zeiten ist nun der, daß nach dem ersten Abrosten die Luft sauerstoffarm werde, und dadurch ein späteres Rosten ausgeschlossen sei. Der Gedanke ist sehr bestechend, jedoch in der Praxis wertlos, da man gegenwärtig selbst bei sorgfältigster Ausführung die Anlage nicht absolut

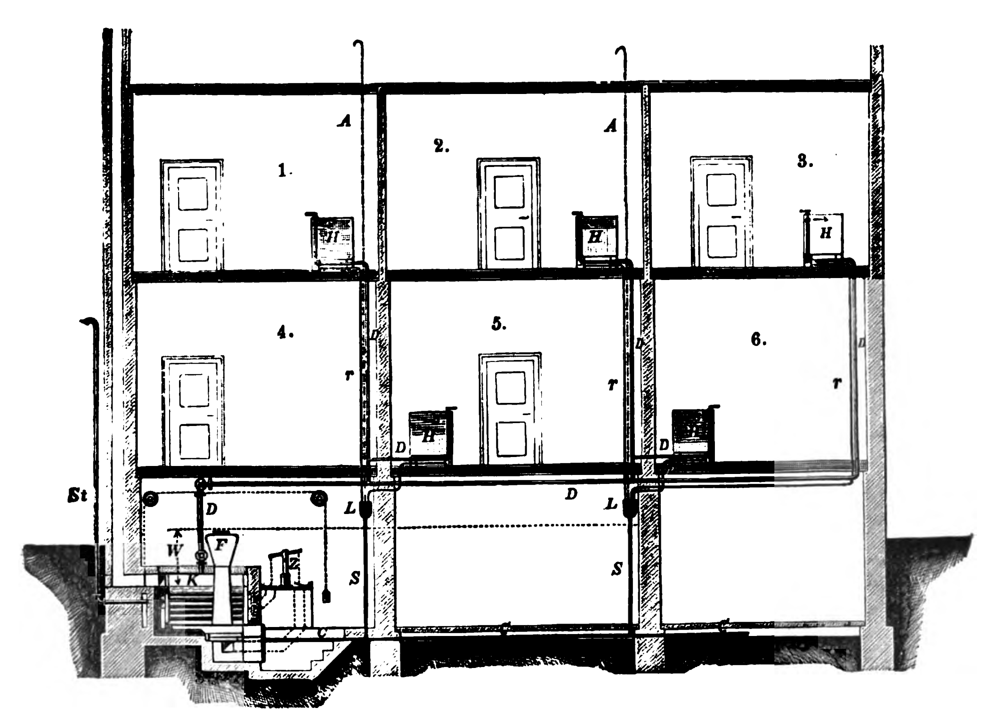


Fig. 160. Schematische Darstellung der Käferle'schen Luftregulierung. *K* Kessel, *Z* Zugregulator, *F* Füllschacht, *D* Dampfrohr, *L* Lufttasche, *C* Kondensleitung, *S* Entwässerungsleitung, *W* Druckhöhe, *St* Standrohr, *r* Luft und Kondensleitung v. Heizkörper zur Lufttasche, *HH* Heizkörper, *A* Entlüftungsleitung, schwarze Schraffierung in den Heizkörpern bedeutet Dampf, helle Punktierung Luft. Die verschiedenen Heizkörper zeigen die jeweilige Stellung der Regulierventile an. — Danach ist Heizkörper in No. 1 ganz mit Dampf gefüllt, No. 2 $^1/_4$, No. 3 ganz abgestellt, No. 5 halb angestellt und No. 6 $^3/_4$ angestellt nach dem Prinzip der Luftverdrängung.

dicht machen kann. Es wird somit ständig durch unvermeidliche Undichtigkeiten ein Austausch der gebannten und der atmosphärischen Luft stattfinden.

Wäre es möglich, die Luft zu bannen, so müßte nach nicht zu langer Zeit der Sauerstoff der gebannten Luft verbraucht sein; aber obgleich nun derartige Heizungen bis jetzt schon jahrelang ausgeführt werden, ist noch nirgends eine chemische Analyse der gebannten Luft bekannt gemacht worden, durch welche nachgewiesen würde, daß nach dem Abrosten s a u e r s t o f f a r m e Luft (oder gar nur Stickstoff) sich in dem System befindet. Denn sobald sich noch

Sauerstoff in der gebannten Luft befände, ganz gleich, wie er hinein gekommen wäre, würde doch das Rosten seinen Fortgang nehmen.

Die Bannung der Luft bei Gebr. Körting erfolgt durch die übereinanderstehenden Wassergefäße R_1 und R (Fig. 162). Das Syphonluftgefäß R_1 muß die Luft für das ganze System aufzunehmen imstande

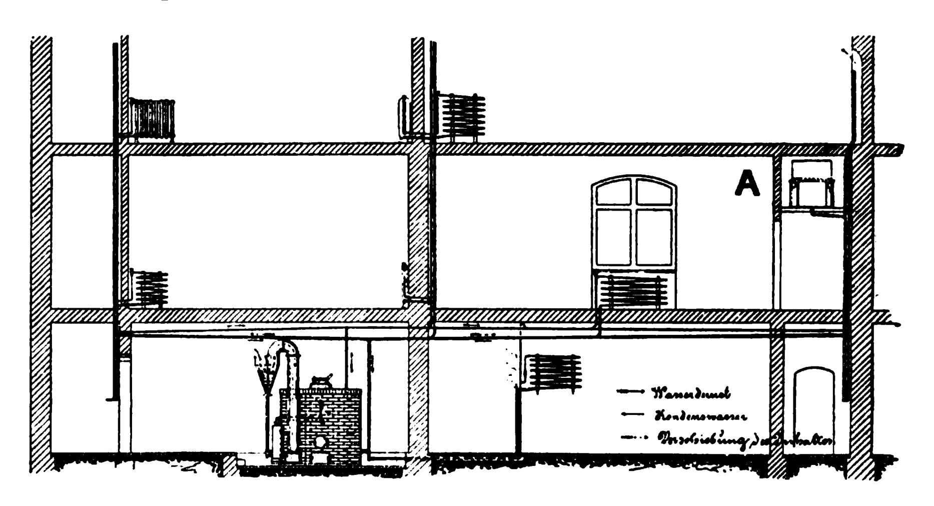


Fig. 161. Schematische Darstellung der Käuffer'schen Luftregulierung mittelst gebannter Luft.

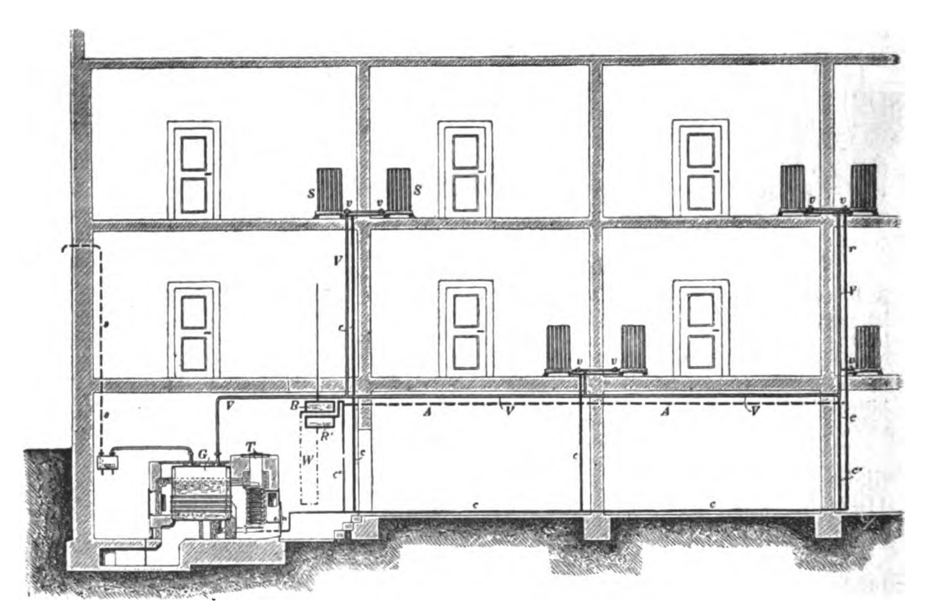


Fig. 162. Schematische Darstellung der Körting'schen Luftregulierung mittelst gebannter Luft. *G* Niederdruck-Dampfkessel, *T* Füllschacht mit Ringrohrrost, *s* Standrohr nach Körting's System, *V* Dampfverteilungsrohre, *S* Heizkörper der einzelnen Zimmer, *v* Dampfeinlafsventile, *c* Kondenswasserrohre, *A* Luftleitungsrohre, *W* Syphonrohre, *R* Syphonwassergefäfs mit Luftrohr, R^{I} Syphonluftgefäfs, R^{II} Kesselfüllgefäfs, *B* Verbindung desselben mit dem Kessel.

sein. So oft Luft nach dem Heizkörper zur Regelung strömt, drückt aus *R* Wasser nach.

Bei den ältesten Anlagen erfolgt, wie oben erwähnt, die Regulierung indirekt (siehe Dampfheizung S. 362) und das System mußte bei jeder Heizunterbrechung durch die einzelnen Luftschrauben mit Luft angefüllt und bei dem neuen Anheizen wieder entlüftet werden.

Da diese Unterbrechungen schwierig waren, so wurden die ersten Niederdruckdampfheizungen kontinuierlich betrieben. Es mußten dadurch zur Vereinfachung der nächtlichen Bedienung und zur Erhöhung der Sicherheit die verschiedenartigsten Regelungs- und Sicherheitskonstruktionen angebracht werden, wie Schüttfeuerung mit selbstthätigem Verbrennungsregler, Dampfpfeifen bei zu niedrigem Wasserstand, Nachspeisevorrichtungen etc.

Alle Heizungsfirmen haben in der Ausbildung der Niederdruckdampfheizung gewetteifert und dieselbe ist in letzter Zeit vielfach an Stelle von Warmwasserheizung ausgeführt worden, besonders da die Anlagekosten verhältnismäßig geringere sind.

Die Heizflächen sind jedoch ebenso wie bei der Dampfheizung über 100° C. erwärmt und behalten diese Temperatur auch bei den wärmsten Tagen der Heizperiode, sodaß die Nachteile der hocherhitzten Heizflächen, wie Beginn der trockenen Destillation und besonders die Unmöglichkeit, sich direkt an den Ofen anzulehnen, bestehen bleiben.

Bei allen Ventilregelungsverfahren ist der oberste Teil des Heizkörpers am wärmsten, und bei vermindertem Betriebe, also im Herbst und im Frühjahre, ist meist überhaupt nur der oberste Teil warm. Die wirksamste Heizfläche liegt also hoch und dadurch ungünstig. Es ist daher darauf zu sehen, daß die Heizkörper möglichst niedrig ausgeführt werden. In neuester Zeit haben Gebr. Körting einen Heizkörper in den Handel gebracht, der durch Mischung des einströmenden Dampfes mit Luft eine Regelung der Heizflächentemperatur gestattet.

Die Haltbarkeit der Niederdruckdampfleitungen betrug in manchen Fällen nur 2 bis 3 Jahre. Jedoch zeigten sich bei anderen Anlagen auch nach 8 bis 9 Jahren noch keine Spuren von Rost in den Röhren. Offenbar wird die Verschiedenheit durch die verschiedene Zusammensetzung des verarbeiteten Eisens, vielleicht auch des zirkulierenden Wassers hervorgerufen.

1) **Beraneck**, *Neubauten und Konkurrenzen in Oesterreich und Ungarn* (1895) *H.* 4 *und* 7.

Anordnung der einzelnen Teile.

Kessel.

Die Kessel sind durchweg Schüttkessel, meist aus Schmiedeeisen und für Dauerbrand eingerichtet. Zur Veranschaulichung möge der Körting'sche liegende Siederohrkessel mit Wasserringrost (Fig 163 und 164) dienen.

Die Rauchgase ziehen zuerst durch die Siederohre und schlagen dann um den Kessel herum nach dem Schornstein (*B*). Von dem Zug- und Wärmeregler *R* (Fig. 163) geht die Luft entweder vor den Rost, oder wenn der Druck steigt, hinter den Rost, um den Zug und somit die Schnelligkeit der Verbrennung zu hemmen.

Zur Berechnung der Heizfläche wird in der Praxis gewöhnlich angenommen, daß 1 qm Heizfläche bei Flammrohrkesseln 10000 W. E., bei Röhrenkesseln 8000 W. E. und bei vom Feuer direkt berührter Heizfläche 18000 W.E. aufnimmt. Nach Rietschel[1] berechnet

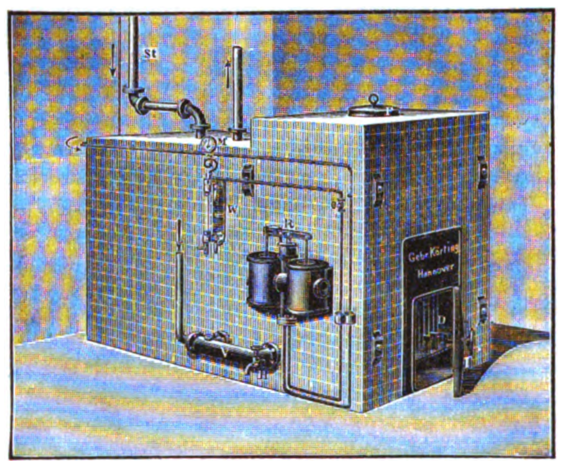


Fig. 163. Niederdruckdampfkessel nach Gebr. Körting. *R* Regulator, *W* Wasserstand *M* Manometer, *St* Standrohr.

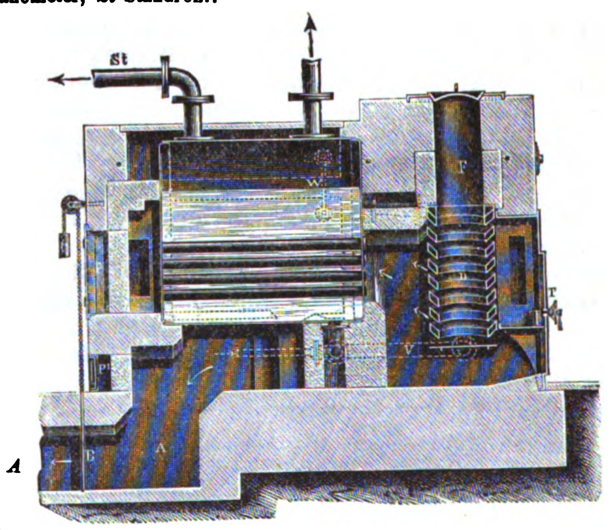


Fig. 164. Körting'scher Niederdruckdampfkessel mit Wasserrost. *A* Schornsteinfuchs *B* Rauchschieber, *D* Wasserringrost, *F* Füllschacht, *P* und P_1 Kehrbüchsen, *V* Verbindung des Kessels und Ringrohres, *W* Wasserstand, *St* Standrohr.

sich alsdann die wirksame Heizfläche (F) für ununterbrochenem Betrieb nach der Formel:

$$F = \frac{1{,}1\ W}{W_1},$$

sofern W die stündliche Wärmemenge bedeutet, die infolge Transmission verloren geht, W_1 die Wärmemenge, die 1 qm Heizfläche stündlich an das Wasser überführt.

Als Brennmaterial wird vorzüglich Koks verwandt.

1) **Rietschel**, *Leitfaden* 223.

Standrohre.

Dem Gesetz gemäß müssen die Niederdruckdampfkessel mit einem unverschließbaren Standrohr (Fig. 164) von nicht über 5 m Höhe und mindestens 8 cm Weite oder durch eine andere von der Centralbehörde des Bundesstaates genehmigte Sicherheitsvorrichtung verbunden sein. Steigt nun der Druck über 5 m Wasser oder über 0,5 Atmosphäre, so drückt der Kesseldruck das Wasser aus dem Standrohr und dem Kessel heraus, ein Vorgang, den man gewöhnlich überkochen nennt. Um dasselbe zu vermeiden, werden anderweitige Sicherheitsvorrichtungen verwandt, besonders das Wernersche Sicherheitsstandrohr (Fig. 165).

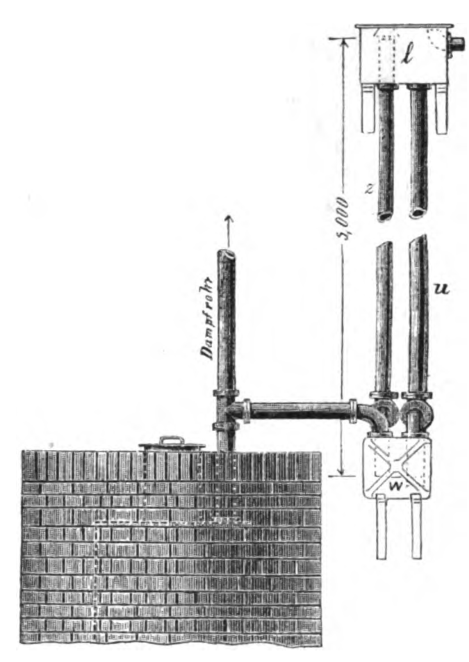


Fig. 165. Werner'sches Sicherheitsstandrohr.

Auf den Spiegel des mit Wasser gefüllten Gefäßes W drückt der Dampf des Kessels. Bei normaler Spannung stellen sich dann die Füllungen der beiden Rohre u und z gleichmäßig nach der Druckhöhe ein. Steigt der Druck, bis das Wasser bis zum Boden des oberen Gefäßes (l) gestiegen ist, so erfüllt dasselbe aus dem Rohre (u) austretend das obere Gefäß. In dem unteren Kasten fällt der Wasserspiegel jetzt schnell, sodaß die untere Oeffnung des Rohres (x) frei wird und eine Dampfblase durch dasselbe entweichen kann. Der Druck fällt dadurch wieder, durch u strömt Wasser zurück und schließt die untere Mündung von x ab. Dieses Spiel wiederholt sich so lange, als der Druck zu hoch ist.

Dieselbe Wirkung, den Dampf bei zu hoher Spannung abzulassen, haben die Sicherheitsventile. Fig. 166 zeigt ein solches von Dicker und Werneburg (S. 376).

Der Dampf drückt bei a auf das Ventil, welches durch das am Hebelarm wirkende Gewicht c gegen den Sitz gedrückt wird und somit abdichtet. Wird der Dampfdruck höher als der Druck des Gewichtes c, so öffnet sich das Ventil und der Dampf bläst ab.

Wasserstand.

Die letzten Vorrichtungen regeln den Dampfdruck, ebenso wichtig ist die Regelung des Wasserstandes. Derselbe wird äußerlich am

Kessel durch das Wasserstandsglas Fig. 163 *W* angezeigt. Bei Nachtbetrieb, wo der Heizer nicht am Kessel steht, muß jedoch noch ein Signalapparat für zu niedrigen Wasserstand vorgesehen sein, wozu meistens Dampfpfeifen verwandt werden (vergl. auch Kraft, dieses Handb. 8. Bd. S. 120 und folgende):

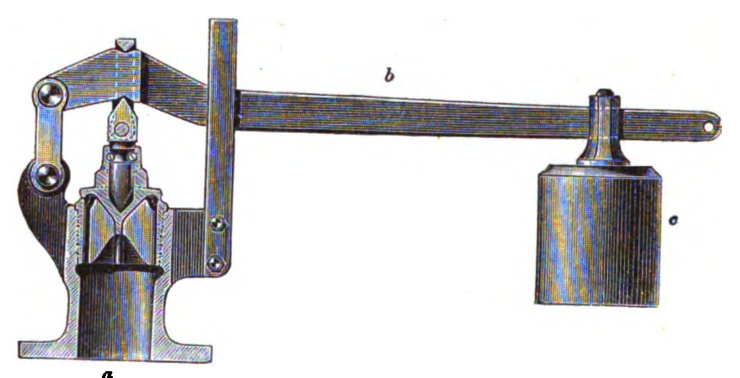


Fig. 166. Sicherheitsventil nach Dicker und Werneburg.

Druckregler, auch Wärme- oder Zuregler genannt.

Wie bereits erwähnt, ist besonders bei den neueren Systemen der zu haltende Betriebsdruck ein sehr geringer. Diesen durch Menschenhand regeln zu lassen, wäre ein schwieriges Unternehmen, zumal da die meisten Niederdruckdampfheizungen Tag und Nacht gehen, Nachts also sich selbst überlassen sind.

Der einfachste Druckregler ist der von Käuffer (Fig. 167). Mit dem Kessel steht das Standrohr *b* in Verbindung, das eine trichterartige Erweiterung *c* mit einer eingegossenen Zunge hat. Steigt der Druck im Kessel und somit die Wassersäule im Standrohr *b*, so wird die Eintrittsöffnung der Verbrennungsluft nach dem Luftzuführungsrohr *d* mehr und mehr verengt und schließlich ganz abgeschlossen. Sobald der Wasserspiegel die Zunge berührt, wird somit stets der vorgesehene Druck von der Höhe der Wassersäule im Standrohre erhalten. — Ebenso einfach, d. h. ohne jedes Gestänge oder sonst irgend einen abnutzbaren Teil ist der Druckregler von Kelling (Fig. 168). Tritt der Dampfdruck unter die schwimmende Glocke *g*, so hebt sich dieselbe und somit das mit ihr fest verbundene Ringventil (*L*) so lange aus dem Quecksilbergefäß, bis die durch das Heraustreten aus dem Quecksilber schwerer gewordene Glocke dem Dampfdruck das Gleichgewicht hält. Das Ringventil (*L*) schließt um so eher an der Dichtfläche (*d*) ab, je leichter die Glocke ist.

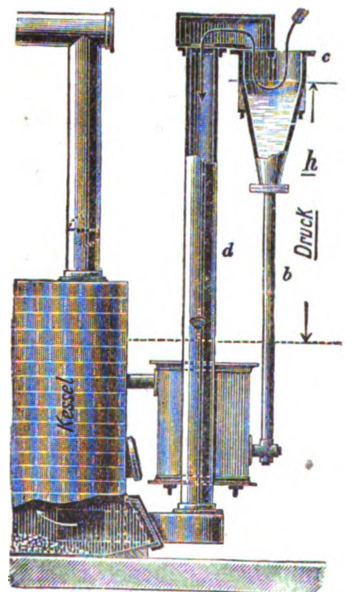


Fig. 167. Käuffer'scher Druckregler.

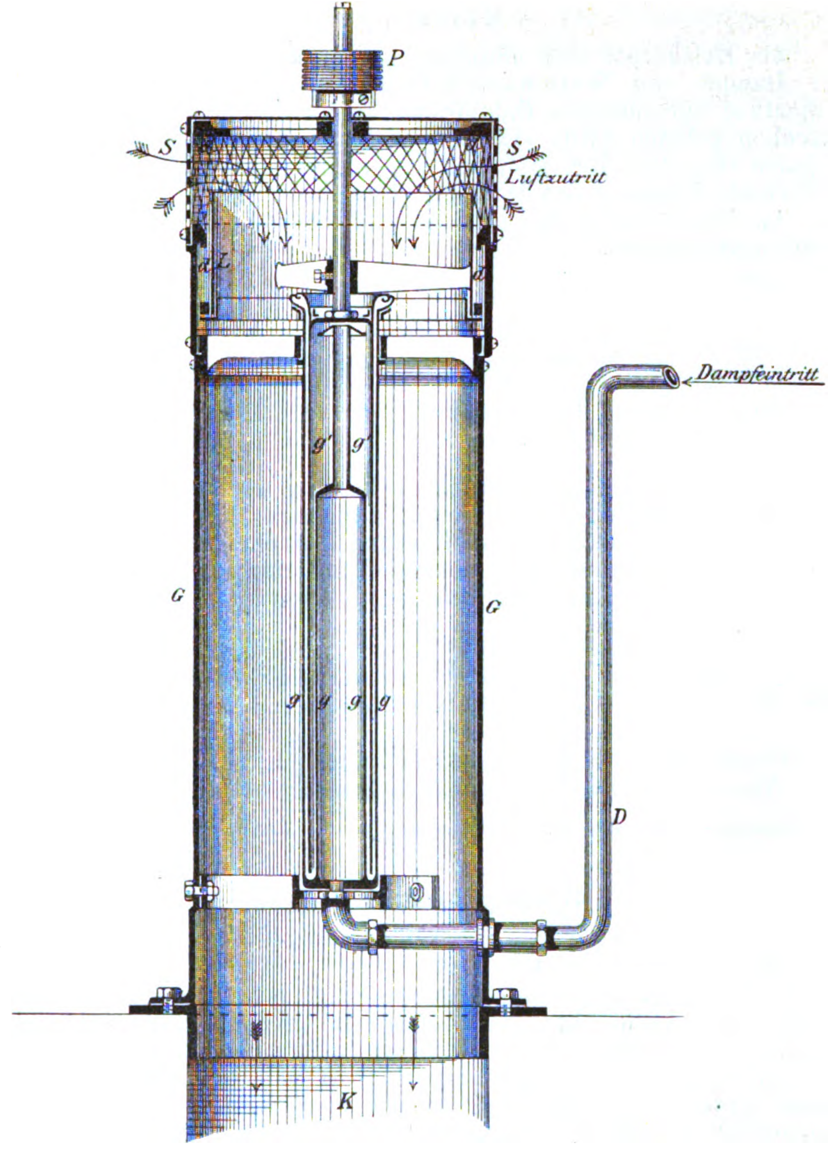


Fig. 168. Kelling'scher Druckregler. *G* Gehäuse, *K* Verbrennungsluft, Kanal unter dem Rost, *D* Dampfzuleitung, *S* Sieb für den Luftzutritt, *d* Dichtfläche für den Abschlufs, *g* Quecksilbergefäfs, g_1 darin schwimmende Glocke, *L* Luftringventil, *P* veränderliche Belastung der Glocke.

Somit kann durch Beschweren der Glocke durch die Plattengewichte *P* jeder beliebige Druck eingestellt werden.

Rohrleitung.

Die Rohrleitungsausführung sowie das Prinzip ist der der Dampfheizung gleich, sodaß auf S. 367 verwiesen werden kann.

Heizkörper.

Als Heizkörper sind dieselben Konstruktionen gebräuchlich, wie für Dampf- und Warmwasserheizungen. Am vorteilhaftesten sind diejenigen mit geringem Dampfraum, wodurch dem Dampf wenig Gelegenheit geboten wird, sich mit der Luft zu vermischen, also Rohrspiralen (Fig. 157, 158, 159) und wagerecht liegende Rippenheizkörper mit Zickzackführung des Dampfes (Fig. 115, 116).

Als Wärmeabgabe pro qm und Stunde wird in der Praxis meist angenommen:

Glattes Rohr, stehend	700—750	W. E. *)
„ „ liegend	750—800	„
Rohrspiralen	650—700	„
Gußeis. Rippenregister	400—500	„

Bei verkleideten Heizkörpern ist etwa 25 Proz. weniger Wärmeabgabe in Ansatz zu bringen.

Ebenso wie die Hochdruckdampfheizung mit anderen Heizungssystemen kombiniert werden kann, kann man diese Kombinationen auch mit der Niederdruckdampfheizung vornehmen. Am gebräuchlichsten ist die **Niederdruckdampf-Luftheizung**[1], die direkt als alleinige Heizungseinrichtung oder zur Vorwärmung der Ventilationsluft verwendet wird.

Fig. 169 S. 379 zeigt eine Niederdruckdampfheizung nach Käuffer'schem System mit Luftvorwärmung durch Rohrspiralen.

Ferner wird die Niederdruckdampfheizung noch zur Erwärmung von Wasser für Bade- oder sonstige Zwecke vielfach angewendet.

1) **Beraneck**, *Heizung und Lüftung, insbesondere für Schulhäuser*, *Wien* (1892).

g) Die elektrische Heizung.

Zuletzt soll noch das neueste Heizungssystem, die elektrische Heizung, besprochen werden.

In Deutschland ist dieselbe gegenwärtig noch sehr vereinzelt angewandt, meist wohl nur zum Kochen. In größerem Umfange aber in England, wo bereits Theater, Hotels etc. vollständig mittels Elektricität erwärmt werden. E. Voit[1] bespricht z. B. eine elektrische Heizungsanlage größeren Umfanges in Ottawa in Canada, wo eine Turbine von 600 P. S. den elektrischen Strom nur für die Heizung liefert.

Der elektrische Strom wird dort zur Erwärmung von Wohnungen, zum Kochen, Backen, Erwärmen von Bädern und sonstigen Heizzwecken aller Art verwandt.

Aus einer kurzen Besprechung des Prinzips der elektrischen Heizung werden sich die verschiedenen Vorteile und die Anwendungen leicht ableiten lassen.

Legen wir eine in einen Stromkreis eingeschaltete Drahtspirale in eine Flüssigkeit, die den Strom schlecht leitet, z. B. möglichst wasser-

*) Sofern das System vollständige Luftverdrängung aus den Heizkörpern gewährt, soll man nach Angabe von Käuffer für glatte Rohrspiralen 1000 W. E. annehmen können.

freien Alkohol, und messen im Augenblick des Stromschlusses die Temperatur der Flüssigkeit, so finden wir, daß nach einiger Zeit die Temperatur der Flüssigkeit gestiegen ist.

Joule u. Lanz haben auf Grund von den soeben beschriebenen ähnlichen Versuchen die Gesetze festgestellt, nach denen die Wärmeentwicklung durch den galvanischen Strom in Drähten erfolgt. Sie stellten das bekannte Gesetz auf: „Die in einem Leiter ent-

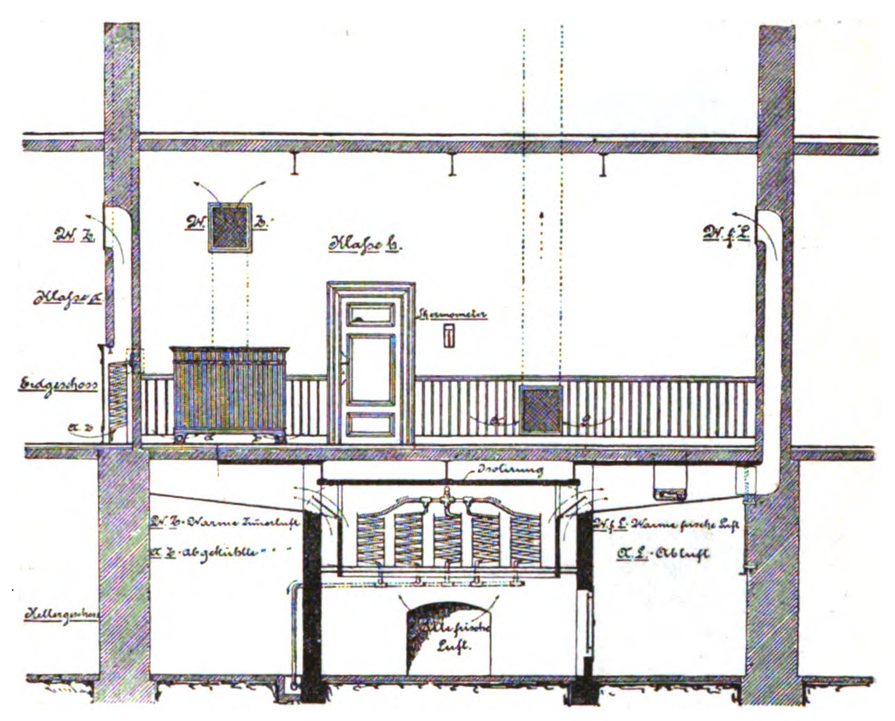


Fig. 169. Schema einer Niederdruckdampfheizung mit Luftvorwärmung.

wickelte Wärmemenge ist dessen Widerstand und dem Quadrate der Stromstärke, welche die Erwärmung veranlaßt, proportinal.“

Anstatt Drähte als Leiter anzunehmen, kann man auch Blechstreifen etc. verwenden. Auch Retortenkohle und selbst Retortenkohlenpulver, wie dieselbe für galvanische Elemente und für Bogenlichtelektroden verwandt wird, kann als zu erwärmender Leiter verwandt werden. Der Kohleleiter wird zu diesem Zweck in einen luftdicht abgeschlossenen Raum gebracht, der angefüllt ist mit Wärme gut leitendem, unverbrennlichem Material.

Um nun einen Heizofen (Heizkörper) zu erhalten, werden mehrere Leiter in beliebiger Anordnung zu einander gut isoliert vereinigt und mit einem beliebig geformten Mantel umgeben.

Ferner kann man, wie bereits oben erwähnt, Elektricität nicht leitende Flüssigkeiten direkt erwärmen.

Man legt zu diesem Zweck in den unteren Teil eines gewöhnlichen

Röhrenofens den vom elektrischen Strome durchflossenen Leiter und erhält dann ein ganz ähnliches System wie die Dampfwarmwasserheizung (siehe S. 362).

Die Vorteile, welche die elektrische Heizung bietet, sind daher besonders:

1) Die vollkommen beliebige Aufstellung und die Mannigfaltigkeit der Formgebung. Dadurch ist es möglich, was in vielen Fällen das Rationellste ist, den Heizkörper so aufzustellen, daß er, anstatt das Zimmer anzuwärmen, die Person gleich selbst erwärmt. Zu diesem Zweck wird der Heizkörper als Fußbank (Fig 170), Kastenstuhl etc. ausgebildet. Wo elektrische Beleuchtung und genügend Anschlüsse vorhanden sind, kann man diese Heizkörper an verschiedenen Plätzen anschließen. An Wintertagen, wo am Morgen die Zimmer oft noch kalt sind, sind derartige Vorrichtungen von nennenswertem Vorteil. Die übrigen Heizkörper Fig. 171 (Modell von Crompton u. Co., London), die zur eigentlichen Erwärmung des Zimmers dienen, können, da weder die elektrische Leitung noch die beliebig zu wählende Form irgend ein Hindernis bietet, stets so aufgestellt werden, wie es der jeweiligen Benutzung des Raumes am besten zusagt. Also in einem Arbeitszimmer direkt am Schreibtisch, in einem Schlafzimmer am Waschtisch etc.

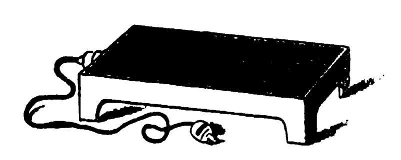


Fig. 170. Elektrisch geheizte Fußbank.

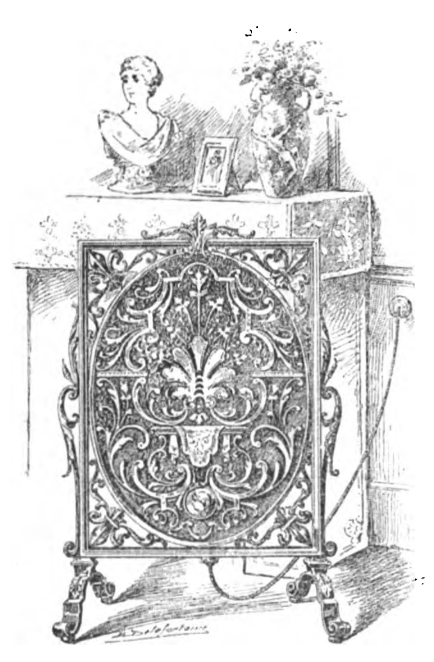


Fig. 171. Elektrisch geheizter Heizkörper.

2) Das leichte und momentane Warmwerden des Heizkörpers.

3) Die Einstellung einer beliebigen Heizflächentemperatur.

4) Die einfache Bedienung.

5) Das Wegfallen des Kohlen- und Aschetransportes, des Rauches und vor allem die vollkommene Sicherheit vor Feuersgefahr.

6) Die leichte Formgebung giebt dem Architekten Gelegenheit zur künstlerischen Bethätigung, der Schornstein ist ein überwundener Standpunkt, und die überaus einfache Montage spricht für die Einführung der elektrischen Heizung für Aufenthaltsräume.

Das Haupthindernis der Einführung ist vor allem der Betriebspreis. Stephen H. Emmens[2] berechnet, daß eine elektrische Heizung etwa 14mal mehr Kohlen braucht als eine gleichartige

Dampfheizung. Ist jedoch eine Wasserkraft zur Verfügung, so stellen sich die Kosten schon beträchtlich billiger. Für die bei uns vorliegenden Verhältnisse, wo die Wasserkraftanlagen vielfach in Anlage- und Betriebskosten kaum billiger zu stehen kommen als die Dampfkraftanlagen, ist eine allgemeinere Einführung zur Erwärmung von Aufenthaltsräumen nur dort möglich, wo der Preis keine Rolle spielt.

Wegen der praktischen Anordnung der Kochgefäße — sie besitzen meist doppelten Boden und Wände, zwischen denen die Wärme direkt erzeugt wird (Fig. 172) — und der dadurch sehr wirksamen Ausnutzung der Wärme, welche direkt und von allen Seiten auf den zu

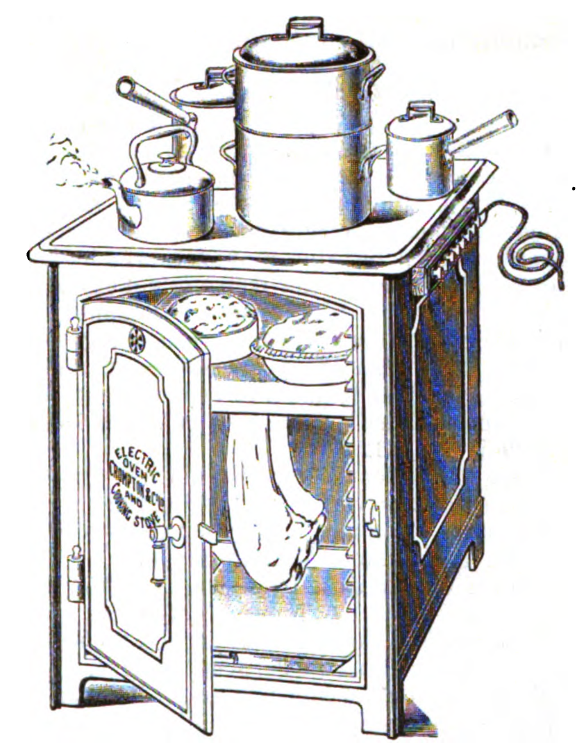


Fig. 172. Elektrischer Kochofen nach Crompton & Co.

erwärmenden Gegenstand einwirkt, kommt der Preis weniger nachteilig zur Geltung. Aus diesem Grunde und wegen der vielen Vorteile, die das Kochen mit elektrischer Wärme bietet, sind die elektrischen Kochgefäße schon vielfach auch in Deutschland in Krankenhäusern und Hotels im Gebrauch.

Auf die zweckmäßige Anwendung der elektrischen Heizung von Pferdebahnwagen, Backöfen, Trockenapparaten, Badeanlagen kann hier nur hingewiesen werden.

1) E. Voit, *Zeitschr. d. V. d. Ing.* 1894, 650.
2) Stephen H. Emmens, *The Electrician* 1892, 518.

VI. Regelung der Lüftungs- und Heizungsanlagen.

Die Heizungs- und Lüftungsbedürfnisse sind sehr verschieden, und vielfach und rasch schwankend.

Sie richten sich nach der Außentemperatur, welche in unserem Klima an einem Tage um 10° C. schwanken kann, ferner nach der Stärke der Bestrahlung durch die Sonne und der Ausstrahlung in der Nacht, endlich nach Wind und Regen. Außer diesen äußeren Einflüssen wirken noch viele innere, wie die Art und Weise der Benutzung, die Anzahl der Personen, der Umfang der Beleuchtung etc., auf die Aenderung des Wärme- und Luftbedarfes ein. Diesen verschiedenen Bedürfnissen muß durch genaue Regelung der Wärme- und Luftzufuhr Genüge gethan werden.

Die Regelung der Wärme ist um so leichter und schneller vorzunehmen, je weniger aufgespeicherte Wärme der Heizkörper des Raumes hat.

Ohne nennenswerte Wärmeaufspeicherung ist die Luftheizung, denn, sobald die Warmluftklappe geschlossen ist, hört die Wärmezufuhr auf. Geringe Wärmeaufspeicherung besitzt die Dampfheizung. Von den Wasserheizungen hat die Heißwasserheizung die geringste, ebenso gering ist sie bei der Heizung mit Rohrspiralen bei der gewöhnlichen Warmwasserheizung. Bedeutender wird die Wärmeaufspeicherung bei der Warmwasserheizung bereits bei den Rohrregistern und kann bei Rippenheizkörpern und Cylinderöfen recht umfängliche Größen annehmen. Der mächtigste Wärmespeicher ist jedoch meist der Kachelofen, der ja durch seine Masse noch stundenlang nachheizt (S. 312).

Außer der Regelung der Wärme ist die der Lüftung und des Feuchtigkeitsgehaltes von großer Bedeutung.

Die Regelung aller Zustände erfolgt entweder von Hand oder selbstthätig durch geeignete Vorrichtungen.

Die Regelung von Hand kann von den Zimmerinsassen oder besser von dem damit betrauten Heizer erfolgen.

Während jeder gewöhnliche Wächter, der die Sicherheit des Hauses überwacht, durch Kontrolluhren revidiert wird, die Kesselheizer von den Oberheizern und Gewerbeinspektoren, erfreuen sich die Heizer von Sammelheizungen meist einer Souveränität, die sie dazu benutzen, sich das Leben möglichst angenehm zu machen und alle Störungen auf die Schwierigkeit der Bedienung der Anlage und auf die schlechte Ausführung von seiten der Firma zu schieben. Es wird sich daher stets empfehlen, den Heizer und seine Anlage von Zeit zu Zeit von seiten eines Sachverständigen einer Revision unterziehen zu lassen. Für die tägliche Kontrolle wird eine Kontrolluhr, welche die Zeit des Anheizens, die Dauer und die Anzahl der Umgänge des Heizers durch das Gebäude und die Zeit des Schlusses der Heizung revidiert, bessere Dienste erweisen als die besten Vermahnungen und Instruktionen.

An der Hand der Fig. 173, 174 S. 383 wird die Anwendung und der dadurch entstehende Vorteil einer Kontrolluhr deutlicher.

Auf das mit dem Zeigerwerk fest verbundene und sich mit dem Zeiger drehende Rad R wird der Papierstreifen B als Radreifen meist

allabendlich von dem Hausinspektor befestigt und die Uhr dann verschlossen.

An der Feuerstelle, in den einzelnen Geschossen und auf dem Boden sind nun Schlüsselkästen (Fig. 174) aufgestellt, in denen je ein Schlüssel (*1—6*) verschlossen liegt. Damit wird je nach der Form des Bartes des Kontrollschlüssels die eine oder die andere der sechs nebeneinanderliegenden Federn *F* mit der Spitze *f* gegen den Papierstreifen gedrückt

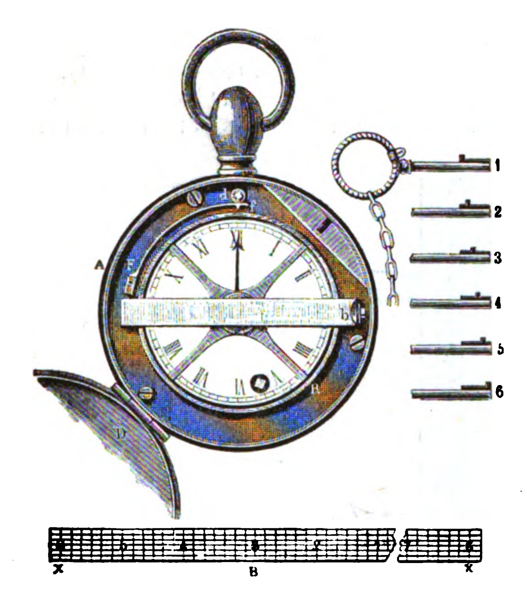


Fig. 173. Stechuhr.

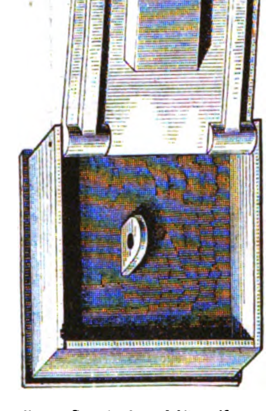


Fig. 174. Stechuhrschlüsselkasten.

und das Zeichen der betreffenden Station durch einen Punkt in der Skala von *B* gemacht. Die wichtigsten Momente der Thätigkeit des Heizers können somit auf die Minute genau kontrolliert werden.

Ferner pflegen die Heizer gern, besonders bei Luftheizungen, aus Bequemlichkeit, z. B. um schneller anheizen zu können, die Lufttemperatur in der Heizkammer auf 100° C. und mehr Grad zu steigern. Die daraus entstehenden Nachteile für Betrieb und Güte der Luft sind bekannt. Hier sind nun vom Inspektor zu stellende Kontrollmaximumthermometer sehr am Platze.

Nach dieser kurzen Abzweigung über die Kontrolle des mit der Hand regelnden Heizers kehren wir wieder zur eigentlichen Regelung zurück.

Zur Regelung gehören stets zwei Teile, der Zustandsmesser, wie Thermometer, Feuchtigkeitsmesser (siehe S. 275) und Zugmesser (siehe S. 289) und die Regelungsvorrichtung selbst, wie Klappe, Ventil, Hahn etc.

Das menschliche Gefühl als Zustandsmesser zu benutzen, ist sehr unzuverlässig, denn es schwankt in seinen Wünschen nach der jeweiligen Disposition etc. Ist der Mensch allein im Raum, so wird er sich sehr wohl Wärme, Lüftung und Feuchtigkeit nach seinem Gefühl regeln können, selten aber dann, wenn mehrere denselben Raum

benuzten. Hier muß nach bestimmt festgesetzten mittleren Normen geregelt werden, und zwar am besten von einem unparteiischen Sachverständigen, dem Heizer.

Wo mehrere in einem Raum zu gemeinsamer Arbeit vereinigt sind, wird der Eintritt des Heizers oft sehr störend wirken.

Damit daher der Heizer den Raum nicht zu betreten braucht, muß die Möglichkeit gewahrt werden, die Temperatur des Raumes und, sofern auch Feuchtigkeitsmesser und Zugmesser vorhanden sind, auch diese von außen zu beobachten.

Fig. 175 bis 179 zeigen das für Berliner Schulen von G. A. Schultze, Berlin O., vielfach ausgeführte Wandthermometer mit Schaurohr zur Beobachtung der Temperatur vom Korridor.

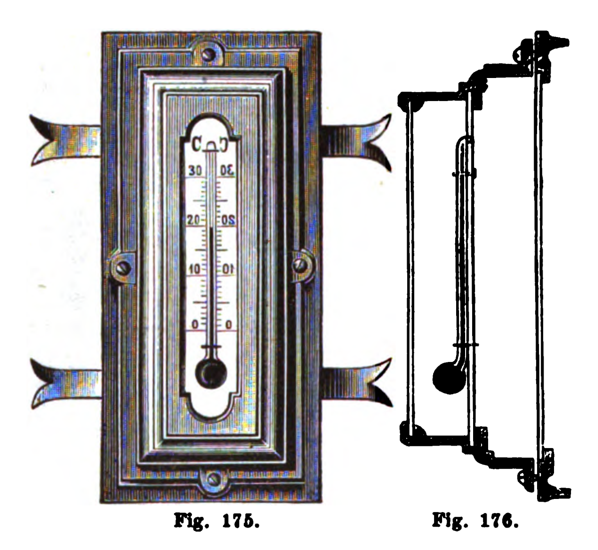


Fig. 175. Fig. 176.

Wandthermometer mit Schaurohr für die Schulen Berlins.

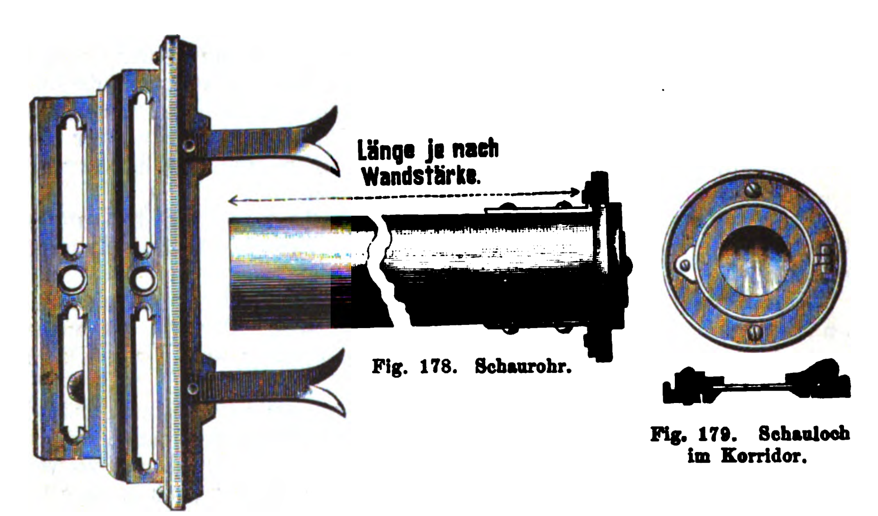


Fig. 177. Schutzrahmen des Glasthermometers.

Fig. 178. Schaurohr.

Fig. 179. Schauloch im Korridor.

An der Stelle, wo die Zustände zu beobachten sind, müssen auch unmittelbar die Regelvorrichtungen zu handhaben sein, d. h. die Ventile für den Heizkörper, die Handhabe für die Lüftungsklappe etc. müssen ebenfalls vom Korridor aus zu regeln sein. Zustandsmesser und Regelungsvorrichtung müssen stets zusammenliegen.

Je einfacher, übersichtlicher und bequemer die Regulierung ist, desto besser kann sie gehandhabt werden, daher sucht man die ganze Regelung und die Erkennung der Zustände in den zu regelnden Räumen vorzüglich bei großen Gebäuden zu centralisieren.

In Fig. 150, S. 364 ist die Regelung der ganzen Anlage auf die Gänge A und B verlegt. In der nach dem Keller geleiteten Abluft sind sowohl die Temperatur als auch die Feuchtigkeit der Raumluft selbst zu messen. Es sind somit alle Zustände im Keller zu erkennen und dementsprechend zu regeln.

Führen die Abluftkanäle über Dach, so müssen die Zustände des Raumes durch Fernthermometer, Fernfeuchtigkeitsmesser und sonstige Wünsche durch Sprachrohre nach der Centralregulierungsstelle berichtet werden.

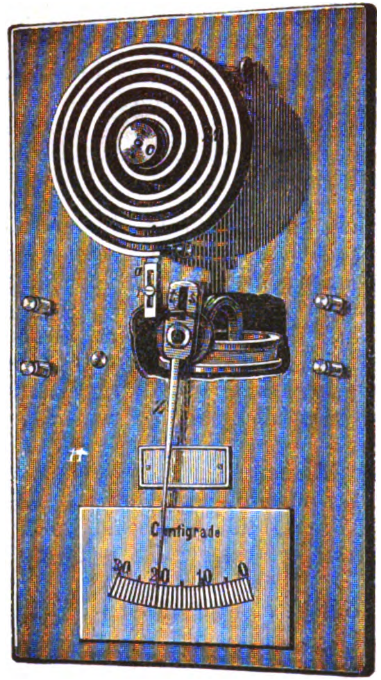
Zur Zeichengebung über den Stand der Temperatur wird entweder die Aenderung des Druckes eingeschlossener Luft oder anderer Gase durch die Wärme, d. h. das sogenannte pneumatische Thermometer, verwandt; oder, da diese jedoch sehr leicht undicht werden, der elektrische Strom.

Die gewöhnlichen elektrischen Thermometer geben entweder bei „zu warm" oder „zu kalt" Stromschluß[1]. Der Heizer erfährt also nur, daß er drosseln oder öffnen soll. Es bleibt ihm jedoch unbekannt, um genau wieviel Grad der zu regelnde Raum zu kalt oder zu warm ist.

Ein Thermometer, das jede Temperatur mitteilt, ist der Mönnich'sche Fernmessinduktor, Fig. 180, 181, S. 386.

Er beruht auf dem Gesetz: Ein durch eine mit isolierten Drähten umwickelte Spule gehender Strom erzeugt in einer innerhalb derselben angeordneten zweiten Spule Induktionsströme, deren Stärke im Verhältnis der Grösse des von beiden Spulen gebildeten Winkels steht. Denkt man sich nun in den Raum A und in der Kontrollkammer bei E je ein Paar solcher Rollen aufgestellt, von denen die größeren feststehenden Rollen durch eine isolierte Leitung verbunden sind, so wird ein von der Batterie durch diese Leitung geschickter mittels des Unterbrechers intermittierender Strom in den kleinen beweglichen und durch eine Leitung unter sich verbundene Rollen Induktionsströme erzeugen, deren Stärke genau im Verhältnis zu dem jeweiligen Neigungswinkel der Rollenpaare steht. Es tritt somit Strom auf, sobald die Neigungswinkel der Spulen verschieden groß sind, und er verschwindet gänzlich, sobald sie gleich werden. Die Einstellung der beweglichen Spule des im Raume aufgestellten Anzeigeapparates, bez. des mit der Spule fest verbundenen Zeigers erfolgt nun selbstthätig durch ein Metallthermometer. In der Kontrollstation wird mittels Hand an dem Knopfe K die kleine Spule und der fest damit verbundene Zeiger Z solange gedreht, bis die Leitung stromlos wird, d. h. also bis die kleinen beweglichen Spulen denselben Neigungswinkel haben. Dann meldet Z die Temperatur der Aufnahmestation

Ein Telephon zeigt das Vorhandensein oder Verschwinden des Induktionsstromes an, indem selbst bei den geringsten Unterschieden der Induktionsströme ein Rasseln gehört wird. Die Ausführung der Aufgebestation stellt die Fig. 180 dar. Bei dem Kontrollapparat Fig. 181 wird die Einstellung der Spule durch den Handgriff *k* bewerkstelligt. Zu einer Kontrollstation können beliebig viele Aufgebestationen eingerichtet werden.



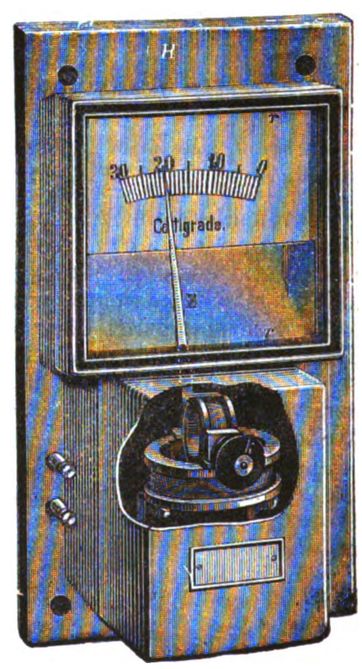


Fig. 180. Fig. 181.

Mönnich'scher Fernmefsinduktor.

Fig. 180. *M* Metallthermometer, *r* Uebertragung nach *t* Hebelstift, *Z* Zeiger, *H* Holzplatte.

Fig. 181. *K* Handgriff zum Bewegen und Einstellen der Spule, *r* Glaskasten, *Z* Zeiger, *H* Holzplatte.

Diese Fernthermometer bedürfen zur Bethätigung der Regelung immerhin noch des Eingreifens des Heizers. Einen weiteren Fortschritt bieten daher solche Apparate, die nicht nur die Zustandsänderung melden, sondern die Regelung sogleich selbst vornehmen.

Als fernwirkende Kraft wird entweder Druckluft zur Einstellung der Ventile verwandt, wie bei den Johnson'schen Apparaten oder Elektrizität, wie bei dem Schmidt'schen Fernreglern.

In derselben Weise wirkt auch der Fernfeuchtigkeitsregler von Rietschel, Fig. 182. Ist die Feuchtigkeit so groß, daß sich das Haar ausdehnt, bis es bei *a* Kontakt giebt, so wird der elektrische Strom geschlossen, und durch denselben das Ventil für die weitere Befeuchtung abgeschlossen.

Die einzelnen lokalen Wärmeregler der Kessel sind auf S. 345, 376 näher besprochen worden. Somit erübrigt sich noch, einen Lokalwärmeregler für Zimmerheizkörper von Grove zu erwähnen.

Die Membrankapsel (Fig. 183) ist mit Chlor-Aethyl gefüllt, dessen Siedepunkt bei + 12° C. liegt. Mit Steigen der Temperatur wird die Kapsel soweit aufgetrieben, daß das durch die Spindel verbundene Ventil geschlossen wird. Zur Regulierung der Schliessungstemperatur dient die Spiralfeder. Da bisher wenige Erfahrungen vorliegen, ist der Apparat noch mit Vorsicht anzuwenden.

1) *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen.* (1883) 700, (1884) 718.

VII. Einiges über die Ausschreibung und Vergebung von Heizungsanlagen[1].

Bevor mit den Maurerarbeiten eines Gebäudes, welches mit Centralheizungs- und Lüftungsanlage versehen werden soll, begonnen wird, muß die endgültige Planung der Heizanlage vollkommen feststehen, da später das Einstemmen der Kanäle, Rohrschlitze etc. viel Kosten und Umstände bereitet.

Die Vergebung erfolgt entweder freihändig an eine Vertrauen verdienende Firma, meist jedoch, wenigstens bei größeren Anlagen, auf Grund eines Wettbewerbes durch Ausschreibung.

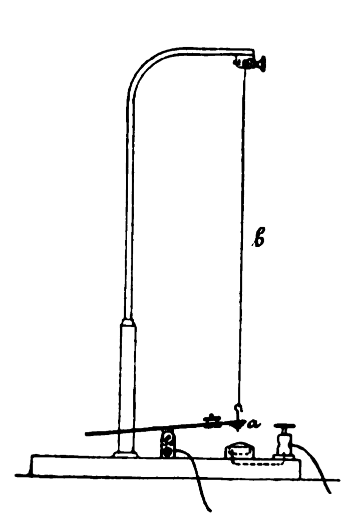


Fig. 182. Rietschel's Fernfeuchtigkeitsmesser.

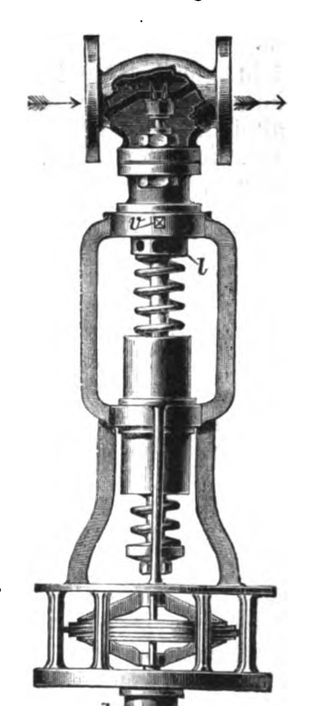


Fig. 183. *K* Messingkapsel zum Verschluſs der Einstellschraube, *l* durchlochte Mutter zur genauen Temperatureinstellung, *v* Sicherungsschraube der Mutter *l*.

Fig. 183. Wärmeregler für Zimmerheizkörper.

Vielfach erfolgen von Verwaltungsbeamten und Baubeamten, die sich mit der Heizung noch nicht beschäftigt haben, Ausschreibungen ohne jedes Programm. Es werden 10 und mehr Bewerber zugelassen, von denen nun jeder ein anderes System, andere Heizkörper, Kessel etc. vorschlägt.

Die Preise schwanken um 100 Proz. und mehr. Dann ist es dem mit den verschiedenen Systemen nicht genügend Vertrauten unmöglich, einem Sachverständigen aber sehr schwer möglich, das für den Zweck Annehmbarste und Preiswerteste auszusuchen.

Es ist daher notwendig, von einem Sachverständigen ein genaues Programm, ferner Bestimmungen über die Aufstellung und Reihenfolge des Kostenanschlages, Herstellung der Zeichnungen u. s. w. aufstellen zu lassen, auf Grund dessen 3 bis 5 Firmen zum engeren Wettbewerb aufgefordert werden.

Nach Prüfung der Entwürfe und Erläuterungsberichte werden diejenigen ausgewählt, die den Forderungen des Programms am besten entsprechen und für die Ausführung am geeignetsten sind.

Unter den zur engeren Wahl gestellten werden dennoch oft recht beträchtliche Preisschwankungen eintreten. Dies liegt oft daran, daß der eine reichlicher, der andere nur gerade genau den vorgeschriebenen Effekt erreichen will. Der eine hat z. B. 1000 qm Heizfläche, der andere 5 Proz. mehr, was bei einem Preise von 20 M. für den qm bereits 1000 M. in der Endsumme ausmacht.

Man muß daher bei der Vergleichung der Kostenanschläge die Stückzahl etc. gleichartiger Positionen auf gleiche Höhe bringen.

Nicht gleichartige Positionen, Wärmeregler verschiedener Konstruktion, Selbstleerer u. s. w. werden am Ende zusammengestellt und miteinander verglichen. Bei dieser Vergleichung ergiebt sich dann oft, daß derjenige, der in seinem Angebot die höchste Endsumme hat, der Billigste wird. Diese Art der Ausschreibung und Vergebung erfordert zur Aufstellung des Programms u. s. w. und zur Prüfung der Entwürfe einen Sachverständigen.

Vielfach ist daher die folgende Art der Ausschreibung gebräuchlich.

Es wird auf Grund eines kurzen Programms, aus dem die Wünsche der Bauverwaltung hervorgehen, ein Skizzenwettbewerb mit überschläglichem Kostenanschlag ausgeschrieben.

Dem für die Ausführung geeignetsten Entwurf wird ein Preis zugedacht und andere Entwürfe, aus denen Brauchbares zur Ergänzung des Ersten zu entnehmen ist, werden angekauft.

Diejenige Firma, welche den besten Entwurf geliefert hat, wird mit der Ausarbeitung der Zeichnungen und eines genauen Kostenanschlagsblanquet betraut.

Auf Grund des Kostenanschlagsblanquets und der Zeichnungen erfolgt jetzt die Ausschreibung.

Die Endsummen sollten, da alles genau vorgeschrieben, nur um Geringes schwanken, trotzdem kommen aber auch hier noch beträchtliche Differenzen vor.

Obgleich wohl meist der Billigste ohne weiteres den Zuschlag

erhält, so empfiehlt es sich doch, Lieferanten, die so niedrige und von den übrigen abweichende Preise abgeben, daß man annehmen kann, sie könnten für den angegebenen Preis die Arbeit ordnungsgemäß nicht ausführen, mit der Ausführung nicht zu betrauen.

1) *Vorschriften zur Herstellung und Unterhaltung von Centralheizungs- und Lüftungsanlagen in den unter Staatsverwaltung stehenden Gebäuden Preufsens, Berlin* 1893.

Verzeichnis der Abbildungen.

Fig.-No.	Seite	Gegenstand	Entnommen aus
1	256	Recknagel's Modell zur Darstellung der Druckverteilung im geheizten Raume	Sitzungsbericht der Kgl. Bayr. Akademie der Wissenschaften, Recknagel, Juli 1876.
2		dto.	dto.
3		Schematische Darstellung der Druckverteilung in einem Raume mit Unterdruck	Original.
4	257	desgl. mit Ueberdruck	wie unter 1.
5		Recknagel's Differentialmanometer, Schema	Original.
6		dto.	wie unter 1.
7	258	dto.	Original.
8	263	Fensterverschlufs nach Marasky	Preisverzeichnis der Firma Marasky, Berlin.
9		desgl. Querschnitt	dto.
10/11	264	Frischluftkanal mit Vorwärmung der Luft am Zimmerofen	Recknagel, Handb. der Hyg. von v. Pettenkofer im Bd I 2. Abtlg. 4. Heft 655.
12/13	265	Fensterschieber nach Recknagel	dto.
14	268	Luftentnahme und Staubkammer	Original.
15		Luftwäscher nach Vogt	Nach einer Studienzeichnung.
16/17	269	Luftfilter nach Möller	Preisverzeichnis v. Möller, Brackwede, Westfalen.
18/19	271	Körting's Streudüse	desgl. v. Gebr. Körting, Hannover.
20	272	Strahlapparat	Nach einer Studienzeichnung.
21/22		Kosmoslüfter	Preisverzeichnis v. Schäffer und Walcker, Berlin.
23	273	Bläser von Schiele & Co.	desgl. v. Schiele & Co., Frankfurt a./M.
24		Blackmanventilator	desgl. v. David Growe, Berlin.
25	275	Hygrometer von Saussure	Rietschel, Leitfaden, 2. Aufl.
26		„ „ August	Nach einem Studienblatt.
27	276	„ „ Krell	Preisverzeichnis von Krell, Nürnberg.
28/29		Befeuchtungspfanne nach Kelling	Nach einer Zeichnung von E. Kelling, Dresden.
30	277	dto.	dto.
31		desgl. nach Käuffer	Preisverzeichnis v. Käuffer & Co.
32	278	Luftkanäle aus glasierten Thonröhren nach Soltau.	desgl. v. Soltau, Berlin.
33	279	Schematische Darstellung der Luftbewegungen in den Räumen	Ergänzungsheft z. Handbuch d. Architektur No. 5, 1894.
34	280		
35/37	281		
38	282	Drosselklappe	Preisverzeichnis vom Eisenwerk Kaiserslautern.
39/40		Wechselklappe	desgl. von Emil Kelling, Dresden.
41/42		Jalousieklappe	

Fig.-No.	Seite	Gegenstand	Entnommen aus
43/44	283	Lüftungsklappe mit eingehängtem Gitter, Patent Grove	Preisverzeichnis v. David Grove, Berlin.
45	284	Benutzung der Kronleuchter zu Lüftungszwecken	desgl. v. Schäffer & Walcker, Berlin.
46		dto.	Handb. d. Architektur 3. T. 4. Bd.
47		Erwärmung der Abluftkanäle nach Rietschel	Studienzeichnung.
48/49		Ventilation durch indirekte Erwärmung	Preisverzeichnis v. Käuffer & Co.
50/51	285	Wolpert'sche Windklappe.	desgl. v. Eisenwerk Kaiserslautern.
52		Lockschornstein durch einen Käuffer'schen Ofen betrieben	Preisverzeichnis von Käuffer & Co., Mainz.
53	286	Prefskopf	Nach einer Studienzeichnung.
54		Lamellenhaube	Original.
55/56	287	Keidel'sche Windkappe	Preisverzeichnis v. Keidel, Berlin.
57	289	G. Recknagel's Anemometer	desgl. v. Eisenwerk Kaiserslautern.
58/59	292	H. Recknagel's Apparat zur Kontrolle der Ventilation	desgl. v. G. Hönig, Winterthur, Schweiz.
60	298	Kalte Eckklasse, darüber Boden, darunter Sammlungszimmer	Original.
61	299	Eingebautes Zimmer, darüber und darunter Klasse	dto.
62	305	Polygon-Rost	Preisverzeichnis v. Thost & Co., Zwickau i. S.
63		Gewöhnlicher Planrost	dto.
64		Treppenrostanlage	E. Schlippe, Der Dampfbetrieb, 2. Aufl. 1892.
65	306	Kowitzke-Feuerung	Preisverzeichnis der Firma Kowitzke, Berlin.
66/67	307	Cario-Feuerung	Preisverzeichnis v. Thost & Co., Zwickau.
68	308	Ruppert's mechan. Rostbeschicker	Original.
69		Schem. Staubfeuerungsdüse	dto.
70	312	Kanonenofen mit Mantel	Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation von Th. Schwarze, 1884
71/72		Kachelöfen	dto.
73	313	Meidingerofen	Preisbuch des Eisenwerks Kaiserslautern.
74		Kelling'scher Mantelofen	Preisbuch der Firma Emil Kelling, Dresden
75	314	Sturm'scher Mantelofen	desgl. Sturm, Würzburg.
76/77	315	Lange'scher Dauerbrandofen	Preisverzeichnis der Firma E. Wille & Co., Berlin.
78, 79, 80	315 u. 316	Löhnholdt'scher Sturzflammofen	desgl. Löhnholdt, Berlin.
81, 82, 83	319	Zimmerkoch- und Heizofen	desgl. des Eisenwerk Kaiserslautern.
84/85	320	Goehde'scher Selbstkochapparat	desgl. v. Rich. Goehde, Berlin.
86	324	Karlsruher Gasöfen	Meidinger, Gasheizung u. Gasöfen in Badischer Gewerbezeitung 1894 No. 1—23.
87		Gasofen der Dessauer Kontinental-Gas-Gesellschaft	dto.
88		Alter Gasofen mit Wärmeaufspeicherung des Eisenwerks Kaiserslautern	dto.
89	325	Kutscher'scher Gasofen	dto.
90		Siemens' Regenerativ-Gasofen	dto.
91	326	Warsteiner Reflektorofen	dto.
92		Siemens' Regenerativ-Reflektorofen	Original.

Fig.-No.	Seite	Gegenstand	Entnommen aus
93	327	Doppelregenerativofen von Schäffer und Walcker	Preisverzeichnis der Firma Schäffer & Walcker
94	328	Geschmackvoll ausgestatteter Gaskamin	dto.
95	332	Sammelheizung für 2 Zimmer	Original, mit Benutzung eines Ofens des Eisenwerks Kaiserslautern.
96		Schema der Luftheizung mit Zimmermantel	Käuffer & Co., Mainz.
97	337	Kelling'scher Luftheizapparat	Preisverzeichnis der Firma Emil Kelling, Dresden.
98	338	Rietschel & Henneberg-scher Luftheizapparat	dgl. v. Rietschel & Henneberg, Berlin.
99	339	Körting'scher Luftheizapparat	dgl. v. Gebr. Körting, Hannover.
100	341	Schema der Warmwasserheizung	Original.
101		Druck- und Saugventil	Preisverzeichnis v. Rietschel & Henneberg, Berlin.
102	342	Ausdehnungsgefäfs für eine Mitteldruck-Warmwasserheizung	Rietschel's Leitfaden.
103		Schema der Warmwasserheizung, Verteilung von oben	Original.
104	343	dgl. „ „ unten	dto.
105		dgl. mit regulierbaren, getrennten Rückläufen	dto.
106	344	Stehender Siederohrkessel mit Schüttfeuerung	Preisverzeichnis v. Rietschel & Henneberg, Berlin.
107		Walz's Wärmeregler	Walz & Windscheid, Düsseldorf.
108	346	Liegender Flammrohrkessel für Warmwasserheizung	Rietschel & Henneberg, Berlin.
109	347	Warmwasserröhrenkessel	Rud. Otto Meyer, Hamburg.
110	348	Muffenverbindung	Original.
111		Flanschenverbindung	dto.
112	349	Ausdehnungsbogen	dto.
113	350	Rippenrohr	Preisverzeichnis v. Käferle, Hannover.
114		Stehende Heizelemente	dto.
115/16		Heizkörperelemente	dto.
117	351	Zierheizkörper	desgl. v. Gebr. Körting.
118—123		Schmiedeeiserne Warmwasserheizkörper	desgl. v. Rietschel & Henneberg, Berlin.
124/25	352	dgl. Doppelrohrregister	dto.
126/27	353	Einfache Rohrregister	desgl. v. Emil Kelling, Dresden.
128/29		Heifswasser-Ofen	desgl. v. Rietschel & Henneberg, Berlin.
130, 131, 132	354	„ -Heizspirale	desgl. v. Walz & Windscheid, Düsseldorf.
133	356	„ -Druckgefäfs	desgl. v. Rietschel & Henneberg, Berlin.
134		„ -Wandspirale mit unvorteilhaften Bogen	Original.
135		Dreiwegehahn	Preisverzeichnis v. Rietschel & Henneberg, Berlin.
136	357	Wasserabscheidung und Selbstleerer	desgl. v. Bopp & Reuther, Mannheim.
137		dto.	dto.
138		dto.	Preisverzeichnis v. Käferle, Hannover.
139	358	Reuther'scher Selbstleerer	desgl. v. Bopp & Reuther, Mannheim.
140	360	Käferle's Selbstleerer	desgl. v. Käferle, Hannover.

Fig.-No.	Seite	Gegenstand	Entnommen aus
141	360	Küsenberg's Selbstleerer	Preisverzeichnis v. Schäffer & Budenberg, Magdeburg.
142		Selbstleerer mit Aetherfüllung	dto.
143		Schema der Dampfheizung	Original.
144		„ eines Dampfstranges mit gemeinsamer Zu- und Rückleitung	dto.
145	361	Druckverminderungsventil	Preisverzeichnis v. Schäffer & Budenberg, Magdeburg.
146/47	361/62	Dampfheizkörper mit Mantelregulierung	desgl. v. Bechem & Post, Haag.
148	362	Dampfwarmwasserkessel	desgl. v. Rietschel & Henneberg, Berlin.
149	363	dto.	
150	364	Schema einer Dampfluftheizung	Nach einer Ausschreibungszeichnung des Magistrats zu Berlin.
151, 152, 153	365	Flammrohrkessel	E. Schlippe, Der Dampfkesselbetrieb, 2. Auflage, 1892.
154	366	Siederohrkessel	Preisverzeichnis v. Steinmüller.
155	367	Schema der Dampfniederdruckheizung	Original.
156	369	Schematische Darstellung der Körting'schen Siphonwasserregulierung	Preisverzeichnis v. Gebr. Körting, Hannover.
157, 158, 159	370	Schematische Darstellung verschieden weit gefüllter Rohrspiralen	desgl. v. Käuffer & Co., Mainz.
160	371	dgl. der Käferle'schen Luftregulierung	desgl. v. Käferle, Hannover.
161	372	dgl. der Käuffer'schen Luftregulierung mit Luftbannung	desgl. v. Käuffer & Co., Mainz.
162		dgl. der Körting'schen Luftregulierung mit Luftbannung	desgl. v. Gebr. Körting, Hannover.
163/64	374	Niederdruck-Dampfsiederohrkessel	dto.
165	375	Werner'sches Sicherheitsstandrohr	Nach einer Studienzeichnung.
166	376	dgl. Sicherheitsventil	Preisverzeichnis v. Dicker & Werneburg, Halle.
167		Käuffer'scher Zugregler	desgl. v. Käuffer & Co., Mainz.
168	377	Kelling'scher „	desgl. v. E. Kelling, Dresden.
169	379	Dampfluftheizung	desgl. v. Käuffer & Co., Mainz.
170	380	Elektrisch geheizte Fufsbank	desgl. v. Crompton & Co., London.
171		dgl. erwärmter Heizkörper	dto.
172	381	Elektrischer Kochapparat	dto.
173	383	Stechuhr	Preisverzeichnis v. Schäffer & Budenberg, Magdeburg.
174		Stechkasten	
175/79	384	Wandthermometer mit Schaurohr	desgl. v. G. A. Schultze, Berlin O.
180/81	385	Mönnich'sche Fernmefsinduktors	dto.
182	387	Rietschel's Fernfeuchtigkeitsanzeiger	Nach einer Studienzeichnung.
183		Lokalwärmeregler für Zimmerheizkörper	Preisverzeichnis v. David Grove, Berlin.

Register.

Anemometer 289.
Anthropotoxin 239.
Archarow, Litt. 248.
Arens, Litt. 243.
Argon 239.
d'Arsonval, Litt. 240.
Atemgift 239.
August's Hygrometer 275.
Ausdehnungsbogen 348.
Ausschreibung von Heizungs- u. s. w. Anlagen 387 ff.

Bechem und **Post**, Apparate von 361. 362.
Befeuchtung der Luft 274.
Beraneck, Litt. 311. 331.
v. Bergmann, Litt. 243.
Bert, P. 245.
Beu, Litt. 240.
Billings, J. S., Litt. 238.
Birch, Litt. 361.
Birlo 349.
Bitter, Litt. 247.
Blackman, Ventilator 278.
Bläser 270 ff.
Bopp und **Reuther**, Apparate von 357.
Bratöfen 317 ff.
Brennmaterialien 301 ff. 329.
Brouardel 375.
Brown-Sequard, Litt. 240.
Buchholz, L., Litt. 243.
Budde, Litt. 243. 288.
Bueb, Litt. 331.
Buhl u. **Keller** 319.
Bunte 327.
Burtschell 327.

Calorie 297.
Calorifère 337.
Cario, Litt. 303.
— -Feuerung 306.
Carpenter 364.
Centralheizung 332.
Chauveau 375.
Chilisalpeter 321.
Christison 365.
Condenstopf 358.
Controllthermometer 383.
Cramer, Litt. 241.
Crookes 321.
Cylinderofen 351.

Dampfheizung 356 ff.
Dampfkessel 364.
Dauerbrandöfen 311.
Deflektoren 286.
Degen, Litt. 238.
Dény, Litt. 238.
Dephlegmatoren 285.
Dessauer Gasofen 324.
Dicke 242. Litt. 331.
Dicker und **Werneburg**, Apparate von 375.
Differentialmanometer 256 ff.
Drehklappen 282.
Drosselklappen 282.
Druckregler 376.
Druckverminderungsventile 360.

Elektrische Heizung 378 ff.
Einbeck, Litt. 355.
Emmerich, Litt. 243.
Engler, Litt. 325.
Erismann, Litt. 241.
Esmarch, E. von 312.
Essenköpfe 286.

Fanderlik, Litt. 238.
Feldmann 320.
Fernheizung 382 ff.
Fernmessinduktor 385.
Fernthermometer 386.
Fernwärmeregler 386.
Ferrini, Litt. 238.
Feuchtigkeit, relative 295
Feuerraum 304.

Filter 269.
Fischer, F., Litt. 238. 241.
— **H.**, Litt. 238.
Flügelbläser 270 ff.
Friedrich, P., Litt. 340.
Fritsch, H., Litt. 244.
Füllofen 311.

Gasheizung 320 ff. Litt. 331 ff.
Gaskocher 319 ff.
Gebläse 270 ff.
Gilbert, Litt. 247.
Goehde 319.
Grahl 321.
Grashof, Litt. 304.
Grenzwert für Kohlensäure 249.
Grove, Apparate von 283. 387.

Haage, Cl., Litt. 308.
Haase, F. H., Litt. 238. 300.
Haesicke, Litt. 238.
v. Havier, Litt. 272.
Hartmann, K., Litt. 238.
Heizeffekt 301.
Heizung 298 ff.
— s. auch die versch. Arten der.
Heisswasserheizung 353 ff.
Hermann, Litt. 240.
Herzberg, A., Litt. 248.
Hesse, F. W. und H., Litt. 247.
Hygrometer 274 ff.
— von August 275.
— „ Krell 275.
— „ Saussure 275.

Jacquet 326.
Jalousieklappen 282.
Jaunez, Litt. 238.
Jesser s. Lehmann.
John, L., Litt. 238.
Junker's Kalorimeter 328.

Kachelöfen 312.
Kaeferle, Apparate von 350. 357. 359. 370.
Kaiserslautern, Eisenwerk in, Apparate des 319. 324.
Kalorie 297.
Kalorifere 337.
Kalorimeter 328.
Kaminheizung 311.
Kanalheizung 332.
Kanäle, Berechnung der 266.
Käuffer & Co., Apparate von 276. 277. 286. 332. 370. 376. 378.
Käuffer's Ofen 314.
Keidel & Co., Apparate von 286.
Kelling, Apparate von 337. 376.
Kelling's Mantelofen 313.
Kochen mit Elektricität 381.
Kochen mit Gas 319.
Kochöfen 317 ff.
Koerting, Apparate von 270. 339. 351. 369. 372. 373.
Kohle 301.
Kohlensäure als Mafs der Luftverschlechterung 244.
Kohlensäure-Bestimmung nach Pettenkofer 245.
— Dosis toxica 245.
— Grenzwert 245 ff. 249.
— in Bergwerken 245.
— „ beleuchteten Räumen 246.
— im Gotthardtunnel 245.
— in der Luft 244 ff.
— „ öffentl. Versammlungssälen 247.
— „ schlagenden Wettern 245.
— „ schlechter Wohnungsluft 245.
— „ Schulzimmern 246.
Kondenstopf 358.
Kontrollthermometer 383.
Kontrolluhren 382 ff.
Kosmosläfter 271.
Kowitzke, Feuerung 306.
Kraft, M. Litt. 238.
Krell's Hygrometer 275.
Küchen, Lage der 317.
Kusenberg, Apparate von 359.
Kutscher's Gasofen 324.

Längenausdehner 348.
Lange's Ofen 315.
Lang, C., Litt. 261.
Lefevre, Jul., Litt. 238.
Lehmann, Litt. 240 s. Jesser.
Leuchtgas, Zusammensetzung des 321.
Lockföfen 285.
Lokalheizung 311.
Lönholdt, W. 315.
Luft beleuchteter Räume 240.
— organische Stoffe in der 247.
— Staub in der 243.
— Verschlechterung durch den Menschen 239 ff.
— — durch Beleuchtung 240 ff.
— — „ Heizung 241.
— — „ Kellerluft 242.
Luftfilter 269.
Lufthauben 286.
Luftheizung 334 ff.
Luftkubus 249 ff. 253.
Lübbert 239.
Lüftung durch Fenster 261.
— durch Kanäle 264.
— „ Thüren 261.
— künstliche 261 ff.
— natürliche 255 ff.
— spontane 255 ff.
— von Sälen 279 ff.
— „ Schulen 279 ff.
— „ Theatern 279 ff.
— s. a. Ventilation.
Luftreinigung 267.
Luftverschlechterung durch den Menschen 239 ff.
Luftwäscher 268.

Mantelöfen 313.
Marasky 261.
Merkel, Litt. 240.
Meidinger, Litt. 274.
Meidinger's Gasofen 323.
Meidinger-Ofen 313.

Meyer, Rich. Otto, Kessel von 347.
Mitteldruckheizung 341.
Möller 269.
Morin, Litt. 238.
Mönnich 385.

Natron-Karbonofen 317.
Nékám, Litt. 248.
Neutrale Zone 255.
Niederdruckdampfheizung 367 ff.
Niederdruckwasserheizung 341.
Niemann, Litt. 320.
Nieske's Ofen 317.

v. **Oechelhäuser**, Litt. 331.
Oefen 311 ff.
— Berechnung der 316.
Oertel 245.
Oertliche Heizung 311.

Paul, Litt. 238.
Perkinsheizung 353.
Peters s. Lübbert.
Petri, Litt. 270. 317.
Pettenkofer, Kohlensäurebestimmung nach Litt. 247. 261.
Planat, Litt. 238.
Planrost 305.
Pressköpfe 286.
Pringer, Litt. 304.
Probeheizung 291.

Randohr, Litt. 331.
Rauchgase 303.
Rauchkanäle 308 ff.
Rauchplage 303.
Rauchverbrennung 303.
Recknagel, Litt. 238. 247. 291.
— über neutrale Zone 255 ff.
Recknagel's Anemometer 289.
— Differentialmanometer 257.
— Fensterschieber 265.
Reduzierventil 360.
Reflektoröfen 325 ff.
Regenerativfeuerung 321.
Regenerativgasöfen 325.
Register (Heiz.) 351 ff.
Regulatoren f. Druck 376.
Regulieröfen 318.
Reichardt, Litt. 332.
Renk, Litt. 241.
Reuss, K., Litt. 304.
Reuther, Apparate von 358.
Rietschel, Apparate von 284. 387. Litt. 238. 248.
— & **Henneberg**, Apparate von 338. 344. 362. 370.
Rippenheizkörper 350.
Rohrregister 352.
Rohrverbindung 348.
Roste, 305 ff.
— bewegliche 306.
Rubner, Litt. 241.
Ruppert, Feuerung 308.
Russischer Ofen 312.
de **Ruyter**, Litt. 243.

Sammelheizung 332.
Sänger 285 ff.
Saussure's Hygrometer 275.
Schachtofen 311.
Schaefer, Litt. 373.
Schaeffer & Walcker, Apparate von 271. 327.
Schiele & Co., Apparate von 271.
Schlippe, Litt. 304. 308.
Schmid, F., Litt. 247.
Schmidt's Fernwärmeregler 386.
Schoenborn, Litt. 244.
Schornstein 309.
Schornsteinaufsätze 285.
Schraubenbläser 270 ff.
Schwackhofer, Litt. 304.
Schulze, H., Litt. 288.
Schultz, A., Litt. 361.
Schüttkessel 344.
Schüttofen 311.
v. **Schroeder**, Litt. 304.
Schweickhart, Litt. 332.
Selbstkocher 320.
Selbstleerer 358.
Sicherheitsventil 375.
Siemens' Gasofen 326.
Soltau, Luftkanäle nach 278.
Stapf, Litt. 245.
Staub in der Luft 243.
— -Kohlenfeuerung 306. 308.
Steinmüller-Kessel 365.
Stern, Litt. 244.
Strahlapparate 270 ff.
Strebel, Litt. 325.
Sturm's Ofen 314.
Sturzflammenfeuerung 315.
Stutzer 318.
Süssenguth, Litt. 360.

Tele . . siehe Fern . .
Temperatur s. Wärme.
Thermometer 384.
Thonöfen 312.
Transmissionskoeffizienten 296.
Trélat 294.
Treppenrost 305.
Tsuboi, Litt. 261.

Uffelmann, Litt. 248.
Umschlagen der Essen 309.
Utpadel, Litt. 260.

Valerius, Litt. 238.
Venuloth & Ellenberger 319.
Ventilation s. Lüftung.
Ventilationsbedarf 249 ff.
Ventilationslampe 284.
Ventilationsöfen 318.
Ventilationsquantum 250. 252.
Ventilatoren 270 ff.
Verbrennung 300.
Vogel, Litt. 325.
Voigt, K. 270.
Vorwärmung der Luft 272.

Walz, Apparat von 345.

Wandthermometer 384.
Warmwasserheizung 341 ff.
Wärme als Mafs der Luftverschlechterung 248. 251.
Wärmeeinheit 297.
Wärmeregulatoren 344. 352.
Wärmeregler 344.
Wärmeverlustberechnung 298.
Warsteiner Ofen 326.
Wasserabscheider 357.
Wernich, Litt. 243.
Winddruck 259.
Windkappen 286.
Windkessel 342.
Wobbe, Litt. 331.
Wolff, Alfr., Litt. 238.
Wolffhügel, Litt. 238.
Wolpert, Hch., Litt. 238. 247. 266
Wurster, Litt. 241.

Zugluft 261.
Zugstörung 309.
Zierheizkörper 350.

